MÉMOIRES
DE
MATHÉMATIQUE
ET
DE PHYSIQUE.

Tome IX.

MÉMOIRES
DE
MATHÉMATIQUE
ET
DE PHYSIQUE,

Préſentés à l'Académie Royale des Sciences, par divers Savans, & lûs dans ſes Aſſemblées.

Tome IX.



A PARIS,

Chez { MOUTARD, Imprimeur-Libraire de la REINE, & des Mémoires de l'Académie Royale des Sciences, rue des Mathurins, Hôtel de Cluni.
PANCKOUCKE, Libraire de l'Académie Royale des Sciences, Hôtel de Thou, rue des Poitevins. }

M. DCC. LXXX.

PRÉFACE.

Ce volume renferme trois pièces ſur le prix de l'indigo, la pièce de M. Coulomb ſur l'aimant qui a été annoncée dans le volume précédent, & 29 Mémoires. Deux de Chirurgie, ſix d'Hiſtoire naturelle des animaux, un de Minéralogie, onze de Chymie, cinq relatifs aux Arts, un d'Analyſe & trois de Géométrie.

PRIX.

Une Société de Négocians zélés pour le progrès des Arts, a remis à l'Académie une ſomme de 1200 liv. deſtinée à former un prix ſur l'Art de la Teinture.

L'Académie a choiſi pour ſujet de ce prix, *l'Analyſe de l'indigo & l'Examen chymique des opérations employées dans les teintures dont cette ſubſtance eſt la baſe.*

Le prix a été partagé entre deux pièces, l'une de M. Quatremere, l'autre de MM. Hecquet d'Orval & de Ribaucour.

Deux autres pièces ont mérité les éloges de l'Académie, qui a cru devoir inviter les Auteurs à ſe faire connoître & à publier leurs pièces. L'Auteur de l'une des deux, qui avoit pour deviſe : *Niſi utile eſt quod facimus ſtulta eſt gloria*, eſt M. Bergman, Correſpondant de l'Académie. Sa pièce eſt imprimée dans ce volume.

Page 1. M. Quatremere a cru devoir considérer d'abord les détails de la culture de l'indigo. Les terres de l'Amérique ont déjà perdu de leur fertilité première, & cet appauvrissement est un mal presque incurable, dans des pays où l'homme a été changé en bête de somme, & où la crainte des supplices est le seul encouragement à la culture. Tant il est vrai que, si l'injustice & le crime sont pour quelques hommes un bien passager, ce bien est toujours un mal durable pour les sociétés qui l'autorisent ou le tolèrent. C'est à cette diminution de fertilité dans les terres que M. Quatremere attribue la détérioration de l'indigo, & il propose pour remède de labourer profondément avec des charrues les terres qui le produisent.

La fabrication de l'indigo est une autre cause de ses defauts. M. Quatremere a observé que la partie colorante étoit plus ou moins mêlée d'une partie extractive, que la proportion plus ou moins grande de celle ci donnoit les indigos de différentes qualités, & qu'en séparant cette partie extractive avec plus de soin, ou même en l'extrayant par de nouveaux lavages, on changeroit en indigo de la premiere qualité tous ceux qui se trouvent dans le commerce.

Enfin l'indigo se détériore encore par le transport, cette perte tient à la maniere de l'emballer, & M. Quatremere propose une autre méthode plus propre à conserver cette denrée.

Dans la seconde partie, l'Auteur donne en détail la maniere de teindre avec l'indigo les soies, les fils ou cotons & les laines, d'après l'usage établi dans les

atteliers les plus considérables. C'est toujours la même opération chymique dirigée par les mêmes principes, mais les procédés sont différens.

Les cuves d'indigo (on donne ce nom au bain qui sert à la teinture), sont sujettes à deux accidens, elles deviennent roides ou rebutées; dans le premier état, elles ont une odeur âcre; dans le second, l'odeur est très-fétide. M. Quatremere a recherché la cause de ces accidens regardés comme incurables, non-seulement par les plus habiles teinturiers, mais par M. Hellot lui-même; ce n'étoit pas qu'on manquât de recettes, on en avoit même un grand nombre toutes réputées infaillibles, & toutes plus nuisibles qu'utiles. Il n'y a jamais tant de spécifiques que pour les maladies incurables, comme il n'y a jamais tant d'apologies que pour les causes désespérées.

M. Quatremere avoit une grande difficulté à lever: des expériences sur les cuves en grand étoient très-coûteuses; & la cuve d'indigo ne parvenant à son état de perfection que par la fermentation, il falloit trouver des moyens de produire, dans un essai en petit, ce qui avoit lieu dans les cuves en grand. L'auteur y a réussi en soutenant la chaleur dans les petites cuves, il est même parvenu à trouver des moyens de faire roidir ou rebuter ses cuves à volonté. Dès-lors il a pu répéter ses expériences, & il a trouvé que le remède à une cuve roide étoit le temps, & une chaleur soutenue plus ou moins long-temps, & que la chaux étoit le spécifique des cuves rebutées. Il a essayé son procédé sur des cuves en grand rebutées par accident, & le succès a été le même.

Page 81. L'examen chymique de l'indigo & des phénomènes que produisent les cuves de cette teinture, ont été l'objet principal de MM. d'Orval & de Ribaucour. Ils ont conclu, de leurs expériences, que l'alkali volatil étoit, de tous les dissolvans de la partie colorante de l'indigo, celui qu'on pouvoit en séparer plus aisément, & qui laissoit une couleur plus solide : que le moyen de produire cette dissolution, étoit d'offrir à l'alkali volatil, à mesure qu'il se formoit dans la cuve, soit par la décomposition des sels ammoniacaux qui entrent dans l'indigo, soit par la fermentation de substances ajoutées dans la cuve, d'offrir, dis-je, à cet alkali volatil les molécules de l'indigo réduites dans une grande ténuité par les mouvemens d'effervescence & de fermentation excités dans les cuves.

C'est d'après ces vues qu'ils expliquent les accidens qui nuisent aux cuves, & qu'ils présentent des moyens d'y remédier.

Page 121. Le Mémoire de M. Bergman contient une savante Analyse de l'indigo, des Réflexions sur l'Art de l'employer à la teinture & un nouveau procédé pour teindre les soies & les laines.

M. Bergman regarde la partie bleue de l'indigo, qui ne forme réellement que la moitié de l'indigo ordinaire, comme une substance analogue à l'encre & au bleu de Prusse, dont le fer fait également la base, mais dans un état différent.

Ce n'est point aux alkalis volatils unis à la fécule bleue & dissipés ensuite, qu'il attribue la couleur verte qu'ont en sortant du bain les étoffes teintes par l'indigo,

mais à une ſurabondance de phlogiſtique dont le plus ou moins de denſité peut, indépendamment de toute autre circonſtance, faire parcourir à un même corps les différentes couleurs priſmatiques, & il croit que c'eſt en ſurchargeant de phlogiſtique les particules bleues de l'indigo, qu'on parvient à les atténuer au point de pouvoir les employer à la teinture.

La méthode de teindre que M. Bergman propoſe, & qui eſt bonne pour la ſoie & ſur-tout pour la laine, conſiſte à mêler dans l'eau une certaine proportion d'une diſſolution de l'indigo par l'acide vitriolique très-concentré. L'indigo ſe ſépare de l'acide & s'unit avec l'étoffe, une ſeule partie d'indigo ſuffit dans cette méthode pour teindre 260 parties d'étoffe du bleu le plus foncé.

M. Bergman ſe propoſe de continuer & d'étendre des eſſais de ce genre, par leſquels on parviendroit à débarraſſer l'Art de la teinture d'une foule de procédés inutiles dont cet Art eſt ſi ſurchargé, qu'on oſe à peine propoſer de détruire, & qui multiplient les accidens & les dépenſes.

CHIRURGIE.

Sur les Bandages élaſtiques, par M. Geoffroi.

LES BANDAGES ÉLASTIQUES ſont, dans une maladie très-commune & très-dangereuſe, un moyen d'éviter les dangers, de rendre l'état des malades très-ſupportable, de mettre en état de travailler ceux à qui le travail eſt néceſſaire, ils ſont enfin dans pluſieurs circonſtances un moyen même curatif. Ceux qui ont été propoſés juſqu'ici, avoient en général un inconvénient

Deux Mémoires, Pages 265 & 281.

très-fâcheux, celui d'avoir une action inégale dans les différentes positions du corps, & même de devenir, dans plusieurs attitudes, absolument incapables de contenir la hernie. C'est à ces inconvéniens que M. Geoffroi se propose de remédier, une longue expérience, les conseils d'un Anatomiste célèbre qui l'a guidé dans la pratique, le mettoient à portée de bien connoître les maux auxquels il falloit remédier. Il ne se flatte pas d'avoir évité tous les inconvéniens; mais il se borne à regarder ses nouveaux Bandages comme utiles dans un grand nombre de cas, & la méthode qu'il a suivie pour les perfectionner comme susceptible de conduire à des résultats encore plus avantageux.

HISTOIRE NATURELLE DES ANIMAUX.

Sur une Mouche du genre des Cinips; par M. de la Tourette.

Page 730. LA MOUCHE décrite dans ce Mémoire présente, dans sa construction, quelques singularités remarquables. Un long aiguillon roulé en spirale à sa base dont la partie extérieure se replie sur le dos, & qui est susceptible de s'alonger & de se raccourcir, sert à l'animal pour creuser, dans les plantes, un logement destiné à ses œufs; ce même aiguillon va ensuite chercher sur le dos de la mouche l'œuf qui, couvert d'une substance gluante, s'y attache, l'aiguillon le porte enfin dans le lieu qui lui est préparé. L'espèce d'insecte, à laquelle cette Mouche ressemble le plus, est celle des cinips. La différence la plus sensible est dans la grandeur; elle est de six à sept lignes de longueur,

les cinips au contraire ſont très-petits. Pluſieurs le ſont aſſez pour aller placer leurs œufs dans ceux des papillons dont l'œuf eſt la nourriture du ver du cinips, juſqu'à ce qu'il ſe transforme en Mouche. On voit même de petits ichneumons percer les corps des pucerons, y placer leurs œufs, & enſuite un cinips y dépoſer le ſien qui ſe nourrit alors de l'œuf de l'ichneumon. Le corps d'un puceron eſt un empire que deux conquérans ſe diſputent.

Sur les Tubulaires de l'Océan, par M. Mazéas.

CES TROIS MÉMOIRES renferment la deſcription de pluſieurs eſpèces de Tubulaires de l'Océan, & la comparaiſon d'une de ces eſpèces avec les Tubulaires obſervées par M. Ellis dans la Méditerranée. Toutes ces Tubulaires ont également un tube cartilagineux, & ſont attachées ſur des rochers. Il étoit naturel de les regarder comme une même eſpèce, & les différences obſervées entr'elles comme des différences purement accidentelles. C'eſt auſſi l'objection qu'on a faite à M. Mazéas, il y a répondu en multipliant ſes obſervations, & il en réſulte que les différences qu'il a remarquées ſont réellement communes à tous les individus des Tubulaires de l'Océan, pris dans tous les états de groſſeur où il les a obſervés; & qu'ainſi elles ſuffiſent pour établir une diviſion d'eſpèces.

Trois Mémoires, pages 299, 309, 317.

Sur une nouvelle espèce d'Insecte, par M. Quéronic.

Page 329. EN RAMASSANT les Tubulaires de l'Océan, M. Mazéas remarqua, dans les fucus qu'on avoit tirés de la mer, un Insecte nouveau, mais il ne voulut pas interrompre ses observations; & M. de Quéronic, qui l'accompagnoit, se chargea de décrire cet insecte. Il ressemble à la chenille arpenteuse, par la maniere dont il marche; d'ailleurs il se rapproche beaucoup d'un Insecte observé par M. Godeheu auprès de Céylan, & dont il est fait mention dans le troisième volume des Mémoires des Savans Etrangers.

Sur les Macreuses, par M. de la Faille.

Page 331. LES ANCIENS ont cru que les Macreuses & d'autres oiseaux aquatiques étoient produits par des coquillages auxquels on a même donné en conséquence le nom de conques anatifères. Obligés de se borner aux relations, ou verbales, ou déposées dans les manuscrits obscurs de Voyageurs peu instruits & en très-petit nombre, les anciens Naturalistes ne pouvoient connoître la critique, les faits les plus étranges passoient de bouche en bouche sans être contredits; d'ailleurs, trop peu éclairés sur les loix de la Nature, ils ne pouvoient en ce genre opposer la probabilité à un témoignage positif. Aussi les voit-on presque tous rapporter du même ton les faits les plus simples & les fables les plus étranges, *Ferunt*, on rapporte, est la formule

formule qu'ils emploient également, & pour un évènement naturel, & pour un prodige.

Mais, s'il ne doit pas être singulier que la métamorphose des coquilles en oiseaux ait été rapportée comme tant d'autres, on doit être étonné que des Modernes même dans notre siècle aient, sinon adopté cette fable, du moins y aient substitué une opinion semblable & de la même nature. Selon eux, les coquilles ne deviennent pas des Macreuses, mais les Macreuses déposent leurs œufs dans les coquillages; on avoit même été jusqu'à voir dans des coquillages non des oiseaux tout formés à la vérité, mais des commencemens d'oiseaux. Telle est la fable que M. de la Faille entreprend de détruire, &, ce qui est plus utile, il y joint une description détaillée des conques anatifères.

On trouve, dans cette Description, une des causes de l'opinion que l'Auteur a combattue. L'animal que renferment ces coquillages, a une frange qui ne ressemble pas mal à l'aile d'un oiseau qui n'a encore que du duvet; d'ailleurs les nids des Macreuses & des autres oiseaux de cette espèce, sont remplis de ces conques. Ces raisons n'étoient pas sans doute suffisantes pour faire croire qu'une huître devenoit un canard; mais qui sait si nos neveux ne nous reprocheront pas d'avoir eu sur de moindres fondemens des opinions encore plus absurdes?



MINÉRALOGIE.

Sur des Os fossiles, par M. de la Tourette.

Page 757.

CES OS FOSSILES paroissent des dents molaires d'éléphans. L'Auteur, après les avoir décrits, rapproche ce fait des faits semblables observés par les Naturalistes.

Il en résulte que ces animaux actuellement répandus uniquement dans les pays chauds de l'Asie & de l'Afrique, ont cependant autrefois déposé leurs dépouilles dans le Nord de l'Europe, de l'Asie, de l'Amérique. La même observation a été faite sur les plantes dont on trouve les empreintes, sur les coquillages dont les debris ont formé d'immenses carrieres; mais nous ne connoissons point de faits dont on puisse conclure que les carrières des Pays de la Zone-Torride nous offrent les dépouilles ou l'empreinte des animaux ou des plantes du Nord. A la vérité l'Histoire naturelle ne connoît presque que le Nord. Quelques nombreux que soient ces Os fossiles d'eléphans trouvés en Europe, ils sont en petit nombre, ils ne forment point de grandes masses; mais, en Sibérie, ils sont très-communs, & c'est là vraisemblablement que l'on trouvera le moyen de découvrir le mystere de leur origine. Tout annonce que la terre a essuyé de grandes révolutions lentes & assujetties aux loix générales qui gouvernent le monde; mais quelles ont été ces révolutions, quelles sont ces loix? C'est ce qu'une nuit profonde cache encore, & vraisemblablement ce qu'elle cachera toujours, tant qu'un petit

nombre de Philoſophes obſervateurs, cachés dans un coin de la terre, ſeront réduits à deviner l'hiſtoire d'un globe dont ils n'ont encore à peine entrevu que la centième partie à une profondeur preſque infiniment petite. Il viendra ſans doute un temps où la terre ne ſera plus habitée que par des peuples libres, éclairés, liés entr'eux par l'intérêt comme par la Nature, & où l'activité des hommes, ſi long-temps & ſi triſtement employée à détruire ou à tourmenter leurs ſemblables, ne s'exercera plus que pour vaincre les obſtacles que la Nature oppoſe à leurs progrès & à leur bonheur.

CHYMIE.

Sur l'Air fixe, par M. le Duc de Chaulnes.

LORSQUE ces deux Mémoires furent préſentés à l'Académie, ces différentes eſpèces de ſubſtances expanſibles, qu'on nomme Airs ou gaz, étoient encore bien moins connues qu'elles ne le ſont aujourd'hui. Pages 521 & 551.

L'acidité même de ce qu'on nomme Air fixe, n'étoit pas généralement reconnue. La plupart des Chymiſtes n'avoient employé que l'Air fixe qui ſe dégage des diſſolutions des ſubſtances calcaires par les acides, ce qui rendoit cet air plus difficile à ſe procurer. Comme on ſavoit que celui qui ſe dégage des ſubſtances qui ſubiſſent la fermentation ſpiritueuſe, étoit de la même nature, M. le Duc de Chaulnes imagina qu'il ſeroit plus commode d'aller le chercher dans les cuves des braſſeries; il obſerva que cet Air occupoit toujours les cuves juſqu'à leur partie ſupérieure, quelque fût la

hauteur de la partie vuide, que plus pesant que l'Air athmosphérique & peu miscible avec lui, il se comportoit avec cet Air, comme une liqueur plus pesante que l'eau & peu miscible avec elle se comporteroit, si on plaçoit dans l'eau des vases pleins de cette liqueur, qu'on les vuidât, qu'on fit passer la liqueur de l'un à l'autre. Mais l'Air fixe est absolument invisible; ainsi, prenant un bocal de verre où il n'y a rien, on peut y verser l'Air fixe contenu dans un autre bocal où il n'y a rien, &, en versant lentement & avec attention sans que l'œil puisse appercevoir aucun changement dans l'état des vaisseaux, on verra un oiseau y mourir subitement & la lumiere s'y éteindre. M. de Chaulnes détermine le rapport de la pesanteur de l'Air fixe à celle de l'Air commun, constate par de nouvelles expérences l'acidité de l'Air fixe, sa propriété de faire crystalliser les alkalis; cherche la quantité d'Air fixe qu'absorbe une quantité donnée d'alkali; il soumet ensuite à un examen suivi les sels qui résultent de la combinaison de l'Air fixe avec les alkalis; il observe enfin que l'Air, qui se forme par la combustion du charbon, a, comme l'Air fixe, la propriété de faire crystalliser ces mêmes sels.

Un Chymiste avoit regardé l'Air fixe comme identique, ou du moins comme très-analogue à l'acide marin volatil, c'est-à-dire, aux vapeurs d'acide marin qu'on obtient en mêlant cet acide avec de l'huile & du sablon. M. de Chaulnes a fait, sur ces deux espèces de fluides, une suite d'expériences, qui constatent que l'Air fixe diffère essentiellement de ces vapeurs d'acide marin.

Sur l'Air fixe, par M. Bucquet.

DANS ce Mémoire, antérieur de beaucoup aux dernieres recherches ſur les gaz ou Airs, l'Auteur diſcute pluſieurs opinions de ſavans Chymiſtes, & fait voir qu'il eſt difficile de les concilier avec des expériences nouvelles qu'il a faites; il montre, par exemple, que l'abſence ou la préſence de l'Air fixe n'eſt pas la ſeule différence de la craie avec la chaux. Page 563.

Sur la Mine de fer ſpathique, par M. Bayen.

LA MINE de fer ſpathique, examinée dans ce Mémoire, renferme du fer dans l'état métallique combiné avec un tiers de ſon poids de la ſubſtance acide qu'on nomme *air fixe.* Le fer y eſt en général uni en une petite quantité de zinc que l'Auteur en ſépare, en mettant la Mine dans une diſſolution de vitriol de Mars & faiſant évaporer lentement, on obtient alors une cryſtalliſation de vitriol de zinc. Page 629.

M. Bayen avoit obſervé, dans le cours de ſes expériences, que l'air fixe a la propriété de faire cryſtalliſer les alkalis.

Sur la Mine de plomb blanche, par M. Laborie.

LA MINE DE PLOMB que M. Laborie a examinée, eſt blanche & cryſtalliſée, ce qui lui donne quelque reſſemblance avec le ſpath. On avoit cru que, dans Page 441.

cette Mine, le plomb *étoit* minéralisé par l'arsenic. Quelques Chymistes avoient avancé que l'acide marin y étoit le minéralisateur. M. Laborie refute ces deux opinions, & prouve que, dans la Mine de plomb blanche de Poullawen, le plomb est dans l'état métallique; mais combiné avec cette espèce de gaz connue sous le nom d'*air fixe*, combinaison qui rentre dans l'ordre ordinaire des combinaisons chymiques, si l'air fixe est réellement un acide. Cette opinion très-contestée dans le temps où M. Laborie a écrit son Mémoire, est aujourd'hui presque généralement adoptée.

Sur une Terre trouvée à Sainte-Marie-aux-Mines; par M. Monnet.

Page 717. ON TROUVA dans la Mine de Sainte-Marie-aux-Mines une Terre blanche, légère, assez semblable à une argille peu compacte, & on la rejetta absolument; la plus grande partie avoit été emportée par les eaux, lorsqu'un vieux Mineur, absent depuis quelque temps, en ayant apperçu les restes, témoigna son regret, examina ces restes & avertit le Directeur des Mines que cette Terre, inutile en apparence, étoit une Mine très-riche; il n'étoit plus temps, la veine qui contenoit cette Terre étoit épuisée. Le Directeur en envoya quelques morceaux à M. Monnet, qui en a fait une analyse exacte. Cette Mine est de l'argent combiné avec l'acide marin, elle a toutes les propriétés de la Lune-cornée. On y trouve un peu de fer dissous par le même acide,

& même un peu de fer ou de chaux de fer non-combinée. La Lune-cornée pure contiendroit 60 livres d'argent par quintal, celle-ci en donne constamment un peu plus de 50. On peut donc la regarder comme la vraie Mine d'argent cornée; Mine célèbre dans les Ecrits des Minéralogistes Allemands, mais dont l'existance étoit encore douteuse.

Sur la Zéolite, par M. Bucquet.

Il résulte des expériences de M. Bucquet sur la Zéolite, que cette substance est une terre particulière, susceptible de se crystalliser, dissoluble dans les acides minéraux, formant avec eux des sels avec excès d'acide; mais que, par des procédés chymiques, on rend parfaitement neutres; qu'elle diffère essentiellement des terres calcaires, argilleuses, vitrifiables, de la base de l'alun & des chaux métalliques; qu'enfin elle paroît devoir sa solidité à la combinaison de l'eau avec cette terre, combinaison qu'un feu peu violent peut détruire; ce qui paroît prouver que la Zéolite n'est pas un produit de volcan, & doit à l'eau sa formation. Page 579.

Sur la Crystallisation du fer, par M. de Morveau.

Presque toutes les substances minérales formées d'élémens semblables, affectent des figures constantes plus ou moins régulières, lorsque leurs élémens se rapprochent avec lenteur & tranquillité. Cette propriété qu'on a reconnue de tout temps sur les sels & Page 513.

dans un grand nombre de pierres, est moins sensible dans les autres corps. Le régule etoilé d'antimoine a été long-temps la seule Crystallisation métallique qu'on connût. Depuis quelque temps on a fait sur cet objet des découvertes importantes. M. de Morveau donne ici les observations qu'il a faites sur des Crystallisations de fer. Ces Crystallisations sont les mêmes, & quelques fondans qu'on emploie pour la fusion, & quelque espèce de fer qu'on choisisse: observation qui confirme l'identité de ce métal. Les différentes formes sous lesquelles il se présente sans qu'on puisse quelquefois le ramener de l'une à l'autre, avoient jeté quelques doutes sur cet objet, sur-tout dans les esprits qui savent que les régles auxquelles nous donnons le nom imposant de Loix de la Nature sont notre ouvrage, & qu'elle ose quelquefois se dispenser de les suivre.

Sur les combinaisons salines de l'Arsenic; par M. Bucquet.

Deux Mémoires, pages 643, 159.

L'OBJET de M. Bucquet, dans ces deux Mémoires, étoit d'examiner les phénomènes que présenteroient les combinaisons de l'Arsenic avec les acides. Les trois acides minéraux & les deux acides végétaux tirés du raisin ont été ceux qu'il a choisis.

L'acide nitreux, l'acide marin & la crême de tartre sont les seuls qui contractent, soit avec l'Arsenic, soit avec son régule, une véritable combinaison, dans l'ordre où nous venons de les nommer.

M. Bucquet avoit présenté ces Mémoires long-temps

avant

avant d'être admis à l'Académie, & à peine avoit-elle couronné ses travaux qu'une mort prématurée l'a enlevés à ses Confreres qui l'aimoient, aux Sciences dont il eût hâté les progrès, à l'humanité qu'il eût servie.

Sur les Eaux sulfureuses de Montmorenci.

L'ODEUR de foie de soufre que répandent ces Eaux, la couleur de la pellicule qui les couvre, annonçoient des Eaux sulfureuses. M. Veillard en donne ici une analyse exacte. Page 673.

Il y a trouvé des sels vitrioliques en petite dose, mais il n'a pu d'abord en retirer du soufre. Si on puise l'Eau à la fin de l'été, on y trouve une petite quantité de sel ammoniac fourni par la décomposition des feuilles & des plantes qui ont séjourné dans l'Eau.

Un sel grimpant qui s'attache à des bois que baigne l'Eau de la source, s'est trouvé être de l'alun masqué par des matières extractives. Le dépôt de ces Eaux contient du soufre. M. Veillard a fait nettoyer la fontaine, &, en prenant l'Eau plus haut, il a trouvé que le dépôt qu'elle formoit dans les vases non-bouchés contenoit du soufre précisément comme celui que plus loin elle avoit formé dans le canal. Cette Eau contient donc réellement du soufre en dissolution, mais la présence de l'air & la chaleur de l'athmosphère suffisent pour l'en séparer.

ARTS.

Sur les Mines de Norwège, par M. Jars.

L'AUTEUR donne, dans ce Mémoire, la description des Mines d'argent de Konsberg en Norwège. Ces Page 551.

Mines ne renferment que de l'argent natif presque pur, puisqu'il est au titre de 11 deniers 10 grains au moins. Cet argent est tantôt en grande masse, tantôt en filets, tantôt en fils rassemblés comme par paquets, tantôt en lames, tantôt enfin disséminé dans les substances qui l'entourent en parcelles presque insensibles. Un seul morceau a rendu près de 400 marcs, & on en trouve un second dans le Cabinet du Roi de Danemarck dont on estime 15000 liv. la valeur en espèces.

Aux détails sur les Mines de Norwège, M. Jars en a joint sur l'administration politique des Mines de Norwège. Elles ont été ouvertes il y a plusieurs siècles, & la législation se sent un peu du temps où elle a été établie; par exemple, les Habitans compris dans l'arrondissement de ces Mines, sont obligés de vendre le bois nécessaire à leur exploitation à un prix fixé par le Conseil des Mines, & ne peuvent en vendre que la Mine n'ait la quantité nécessaire. Le Conseil des Mines taxe les denrées destinées à la consommation des Mineurs. On sait aujourd'hui que de pareils réglemens sont contraires à la Justice, parce qu'ils attaquent la propriété, & que, sans même examiner une foule d'autres raisons, celle-ci suffiroit seule pour les faire proscrire.

Sur des Forges de Fer situées en Bretagne, par M. Duhamel.

Page 495. LE FER le plus commun, & jusqu'ici le plus utile des métaux, offre des singularités particulieres. Depuis l'état de chaux jusqu'à celui où il atteint la perfection

métallique, il se présente dans une foule d'états différens, comme nous l'avons déjà observé. Le passage de l'un à l'autre, est souvent difficile par les moyens connus, & ni la même Mine différemment traitée, ni les Mines différentes traitées de la même maniere, ne donnent la même espèce de Fer.

Les détails des différens procédés usités dans les Forges sont donc très-importans. M. Duhamel décrit ici celles de la Nouée & des Salles en Bretagne, il montre quels sont les procédés les plus défectueux, il indique les moyens de les corriger. Ces détails deviennent d'autant plus importans, que tant que les Arts ne peuvent être dirigés par une théorie certaine, c'est une longue suite d'observations isolées qui forme l'Art, & que la comparaison des différentes méthodes qui servent au même Art, sont le seul moyen d'en éclairer la pratique.

On a essayé de faire des canons avec le Fer des Mines de la Salle, cet essai n'a pas réussi. M. Duhamel en donne les raisons, & indique les moyens qu'on pourroit prendre pour y réussir & pour perfectionner en général l'Art de faire les canons de fer; il observe aussi la cause d'une défectuosité fréquente dans les boulets, & offre un moyen simple & ingénieux d'y remédier.

Sur la Mine de Plomb d'Helgoat, par le même.

LA MINE de Plomb d'Helgoat est placée dans une montagne graniteuse, & elle renferme des filons de Mine dont jusqu'à quatre cens cinquante pieds de Page 711.

profondeur, dernier terme où l'on ait fouillé, le toît & le mur d'un côté sont des galets semblables aux galets roulés que la mer laisse sur ses bords. Le toit de ces galets est incliné quelquefois de 70 degrés à l'horizon, & on n'en trouve aucun dans le filon même. L'Auteur n'entreprend point d'expliquer ce phénomène.

M. Duhamel remarqua, dans le filon, une terre noirâtre & une terre ocreuse qu'on négligeoit dans l'exploitation. Il les examina, il trouva que toutes deux contenoient du Plomb & de l'argent; depuis ce temps, les propriétaires des Mines ont cessé de les négliger.

Sur les différentes graisses du Verre,
par M. d'Antick.

Page 481. ON ENTEND par graisse du Verre différens défauts qui en altèrent la transparence & la couleur, & qui se trouvent souvent dans les Verres blancs & dans les glaces soufflées, les Verres verts & les glaces coulées en sont exempts.

M. d'Antick trouve la cause de ce défaut dans les sels neutres, tels que le tartre vitriolé, le sel marin, qui se trouvent mêlés aux alkalis employés dans la fabrication du Verre. Ces sels en effet se trouvent exister encore en nature dans les Verres fort gras, & on les sépare en partie par les lotions. Le Verre où l'on a fait entrer des alkalis mêlés de ces sels, ne sont exempts de graisse que lorsque, soit par la force du feu, soit par la proportion d'alkali & de sable, soit par l'addition des matières qui contiennent du phlogistique, ces acides ont été chassés en entier.

La cauſe du mal étant connue, les remèdes ſont indiqués; mais il falloit en trouver qui ne fuſſent pas diſpendieux & ne produiſiſſent pas de nouveaux inconvéniens. Le charbon, par exemple, détruit les graiſſes, en facilitant l'expulſion des acides, mais il produit ſouvent des bulles.

M. d'Antick propoſe deux moyens, l'un eſt une méthode ſimple de purifier les alkalis d'une maniere ſuffiſante, l'autre eſt l'addition d'une certaine quantité de chaux.

Sur la purification du Camphre, par M. de Bomare.

QUOIQU'ON trouvât dans les livres de Chymie différens procédés pour raffiner le Camphre par ſublimation, on doutoit encore ſi cette opération ne ſe faiſoit point par voie de fuſion. M. de Bomare, dans ſon voyage de Hollande, entra dans une raffinerie, &, du premier coup-d'œil, il vit qu'il ne pouvoit y avoir de doute. A ſon retour cependant il crut devoir répéter le procédé qu'il avoit deviné, & le ſuccès de ſes expériences a été complet. Page 470.

ANALYSE.

Sur les fonctions arbitraires, par M. Monge.

L'OBJET de M. Monge, dans ce Mémoire, eſt la détermination des fonctions arbitraires qui entrent dans les intégrales des équations aux différences finies. Page 345.

La forme de ces arbitraires étoit connue pour le cas où l'une des différences étoit conſtante. M. Monge la donne ici pour différentes autres hypothèſes; mais

l'intégrale une fois trouvée, ainsi que la forme de la fonction arbitraire qui y rentre, il reste à déterminer cette fonction d'après les conditions particulieres de chaque problême. M. Monge démontre d'abord que, si ces conditions se bornent à satisfaire à un nombre fini de valeurs, ou en regardant une courbe comme le lieu de l'equation, si elle est seulement assujétie à passer par un nombre de points fini, l'intégrale n'est pas déterminée; il prouve ensuite que ce doit être ou à un nombre infini de valeurs particulieres prises entre certaines limites, ou à une portion de courbe que l'équation doit satisfaire. Il montre comment, d'après ces conditions, on peut construire l'intégrale cherchée, & il en tire cette conséquence générale, que comme une équation aux différences partielles représente toutes les surfaces courbes qui ont une même formation, une équation aux differences finies représente toutes les courbes planes qui ont aussi la même formation.

Comme les fonctions arbitraires qui entrent dans les intégrales des équations aux différences finies, ne sont pas rigoureusement arbitraires, mais assujéties à certaines conditions, il paroît paradoxal de dire qu'elles peuvent, pour un espace fini de valeurs prises à des points quelconques, satisfaire à telle équation qu'on voudra. Cependant, en réfléchissant sur la nature de ces conditions, on verra qu'elles ne sont absolues que dans le cas où l'on voudroit conserver la loi de continuité dans toute la suite des valeurs d'une indéterminée, ou dans toute la courbe qui en est le lieu. Dans le cas où l'on renonceroit à la loi de continuité, ces conditions cessent

d'être néceſſaires ; ainſi, l'on peut déterminer à volonté, ou une ſuite de valeurs pour un eſpace fini, ou une partie finie de la courbe.

GÉOMÉTRIE.

Sur les ſurfaces développables, par le même.

M. Monge donne ici la condition générale à laquelle doit être aſſujétie l'équation d'une ſurface courbe, pour que cette ſurface ſoit développable ſur un plan. Ce Problême avoit déjà été réſolu par M. Euler, mais M. Monge le réſout ici d'une manière plus complète. Ses conſidérations ſur ce genre de ſurfaces le conduiſent enſuite à l'intégration, à la conſtruction & à la détermination des arbitraires dans des équations aux différences partielles, dont, ſans ces conſidérations géométriques, il eût été difficile de donner une analyſe auſſi complète. Une ſurface développable eſt déterminée par la condition qu'elle doit paſſer par deux courbes à double courbure, ou que toutes les lignes droites qui la forment, doivent être tangentes à deux ſurfaces données ; & M. Monge montre que le problême le plus général qu'on puiſſe propoſer ſur la détermination des ombres & des pénombres, dépend de la ſolution de ce problême : deux ſurfaces courbes étant données, trouver la ſurface développable qui touche les deux ſurfaces dans tous les points communs qu'ils ont avec elles. Page 382.

On nomme ſurfaces gauches, les ſurfaces engendrées par le mouvement d'une ligne droite. Toutes les ſurfaces développables ſont donc des ſurfaces gauches, mais tous

les corps gauches n'ont pas des surfaces développables. M. Monge montre quelles sont les conditions analytiques communes aux surfaces développables & à celles des corps gauches, & quelle est celle qui fait ensuite que la surface d'un corps gauche est développable.

Sur les surfaces courbes, par M. de Tinseau.

Deux Mémoires, pages 593, 625.

LE PREMIER MÉMOIRE de M. de Tinseau est destiné à chercher les formules analytiques, qui donnent les équations de différens problêmes sur les surfaces courbes, ou sur les courbes à doubles courbures, telle est la détermination de leurs tangentes, de leurs points singuliers, l'expression des élémens de la surface, de la solidité, de l'espace enfermé par les lignes à double courbure, &c.

On y remarque sur les plans un Théorême synthétique analogue à celui du quarré de l'hypothénuse pour les lignes, & qui donne l'élément des surfaces courbes, comme celui de Pythagore donne l'élément des courbes; un autre Théorême très-simple enseigne à trouver sur un cône des surfaces quarrables.

Dans le second Mémoire, M. de Tinseau examine d'autres problêmes relatifs aux surfaces gauches; il y développe quelques propriétés singulières d'un corps qu'il nomme paralléloïde, & qui est engendré par le mouvement parallèle d'une ligne droite qui suit deux courbes données.

ANALYSE

ANALYSE
ET
EXAMEN CHIMIQUE
DE L'INDIGO,

TEL QU'IL EST DANS LE COMMERCE POUR L'USAGE DE LA TEINTURE.

PAR M. QUATREMERE DIJONVAL,
Ecuyer, Entrepreneur de l'ancienne Manufacture Royale & privilégiée des Draps de Paignon, à Sedan.



ANALYSE ET *EXAMEN CHIMIQUE* DE L'INDIGO,

TEL QU'IL EST DANS LE COMMERCE POUR L'USAGE DE LA TEINTURE.

. . . . *Vincant, queis Neptune dedisti,*
Quanquam ô! . . . .

DEPUIS qu'on a tenté d'appliquer les Sciences aux différens Arts qui pouvoient leur correſpondre, il n'en eſt preſque point auquel cette époque n'ait valu les progrès les plus rapides. Réforme d'abus dangereux, procédés plus sûrs, manœuvres moins pénibles, économie immenſe ſur les frais ; tels ſont les ſuccès preſque magiques que les Arts doivent aux Sciences ; tels ſont les ſervices ſignalés qu'ils doivent à tant

d'hommes de génie, qui s'y ſont dévoués ſur-tout depuis un ſiécle. La teinture ſi digne, par ſon utilité, de participer à cette noble émulation qui enflammoit les Savans en faveur des Arts : la teinture liée d'ailleurs d'une maniere ſi intime, avec cette partie de la Phyſique (1), qui a peut-être le mieux mérité des hommes, eſt cependant celui de tous qui a fait le moins de progrès, & à peine ſort-il de l'enfance. Les Savans auroient-ils donc méconnu ſon utilité, ou ne lui auroient-ils réſervé qu'une attention médiocre & de foibles efforts? Non ſans doute ; des hommes pleins de lumiere, & ſur-tout verſés dans toutes les connoiſſances analogues à cet Art, ont tenté pluſieurs fois d'en éclairer la marche ; ils ſe ſont tranſportés dans les atteliers, ils ont abordé les Artiſtes ; mais tel a été, & tel ſera toujours le ſort des Savans les plus zélés en pénétrant dans les atteliers de teinture : ils ſeront preſque toujours reçus par la duplicité ou le myſtere. La plupart des Teinturiers devant ou croyant devoir leur fortune à des recettes particulieres, il n'eſt peut-être point de profeſſion plus dévouée à la manie des ſecrets, aux baſſes impreſſions de l'intérêt perſonnel.

Je ne mets pas cependant au rang de ces efforts infructueux, l'art de la teinture en laine par le célèbre M. Hellot, ainſi que celui qui a été fait depuis ſur la teinture en ſoie, ouvrage également digne de ſon illuſtre Auteur *, & bien fait pour être comparé à tous ceux dont il a enrichi la Chimie françoiſe. Mais, comme le dit cet Auteur lui-même dans la préface de ſon ouvrage ſur les ſoies, pour que la teinture pût recevoir des Sciences & du Génie, tous les ſecours qu'elle a droit d'en attendre, il faudroit que les barrieres qui ſéparent les Teinturiers d'étoffes ou d'objets différens, puſſent être détruites pour un moment ; que ces Artiſtes puſſent s'entendre, pour donner un réſultat comparé de leurs travaux ; ou au moins, il faudroit qu'un Savant fût aſſez heureux pour pénétrer non pas un ſeul attelier, ou des atteliers d'un même

* M. Macquer.

(1) La Chimie.

genre, mais tous les atteliers de teinture poſſibles, & qu'il pût y obſerver comparément tous les différens moyens d'employer une même drogue ſelon la différence des ſubſtances & des étoffes. Ce ſeroit ſans doute le vrai moyen d'applanir toutes les difficultés dont eſt ſemé l'art de teindre, de réſoudre cette multitude de problêmes qui déſolent les Artiſtes au milieu de tous leurs ſecrets, & qui les font bien ſouvent repentir de ce ſilence qu'une folle crainte leur impoſe.

S'il eſt une partie dans la teinture encore plus ſemée d'épines que toutes les autres, & à laquelle un pareil Obſervateur auroit pu rendre les plus grands ſervices, c'eſt ſans contredit la teinture du bleu, ou l'emploi de l'indigo. C'eſt ſans doute auſſi ce qui a fixé les regards de ces hommes vraiment citoyens, qui propoſent aujourd'hui la récompenſe la plus flatteuſe, à celui qui aura donné les meilleures obſervations ſur l'indigo & ſon emploi. Placé depuis mon plus bas âge dans l'attelier de la France où l on conſomme peut-être une plus grande quantité d'indigo, j'oſerai diſputer la Couronne, ou plutôt je rendrai compte de ce que j'ai vu, à ces citoyens zélés qui me le demandent par l'organe le plus reſpectable. Des mains exercées depuis un plus grand nombre d'années dans les manipulations délicates de la chimie, auront peut-être travaillé avec plus d'art & plus de ſuccès, mais sûrement aucun de mes rivaux ne ſera entré dans la carriere, avec un cœur plus déſintéreſſé, plus zélé pour le progrès des Arts, plus dévoué au bien de ſon pays.

D'ailleurs j'oſe dire que je n'ai épargné aucun des moyens qui pouvoient étendre mes connoiſſances ſur l'objet & la matiere du prix. Deſirant connoître plus à fond l'indigo en lui-même, & conſidéré avant tous les procédés de la teinture, j'ai parcouru toutes les Villes maritimes, & tous ceux de nos Ports qui ſervent comme d'entrepôt à cette marchandiſe précieuſe. J'ai eu le bonheur d'y trouver pluſieurs anciens habitans des Colonies, & qui avoient même gouverné des Indigoteries en perſonne. J'ai donc été à portée de conférer avec eux de

mes conjectures, de mes projets, & j'y ai puisé presqu'autant de connoissances, que si j'avois passé les mers, pour aller observer les Indigoteries elles-mêmes.

Également jaloux de comparer tous les procédés de teinture usités dans les autres Villes, à ceux dont j'étois témoins dès mon enfance, j'ose dire qu'il n'est aucune Ville de manufacture, ni aucun attelier un peu intéressant dans ces mêmes Villes, où je n'aie été puiser de nouvelles lumieres, & observer les différents procédés. J'espere donc ne pouvoir être démenti par personne, lorsque j'avancerai que tel inconvénient est général, que tel préjugé est universel, & je puis assurer qu'avant de proposer des changemens ou des remedes, j'ai été à portée d'observer tous les abus.

Cet Ouvrage excédera peut-être les bornes ordinaires des Mémoires qu'on présente à l'Académie; mais la nouveauté de la matiere, ma position, & sur-tout mes voyages, m'ont obligé d'embrasser un plan plus étendu que je n'aurois d'abord cru moi-même. D'ailleurs mes Juges aussi animés qu'ils le sont de l'amour des Arts & du bien public, me pardonneront sans doute aisément, de n'avoir pu sacrifier aucune des réflexions que j'ai cru pouvoir être utiles.

Je donnerai dans ma premiere partie un précis des opérations fondamentales de l'Indigoterie, qui offrent elles-mêmes de si beaux phénomenes au Physicien, & qui d'ailleurs sont si étroitement liées avec les changemens que je proposerai peu après. Je donnerai dans cette même partie, l'Analyse chimique de l'Indigo, auquel j'ai tâché d'appliquer tous les moyens analytiques, & tous les menstrues, qui sont comme les agens de la Chimie; je la terminerai par des observations qui concernent encore l'Indigo en lui-même, & abstraction faite de tous les procédés de la teinture.

Tous ceux qui exercent l'art de teindre, étant, si j'ose dire, des Chimistes formés par la nature, & tous leurs procédés leur ayant été dictés par une espece d'Analyse naturelle, j'ai cru

devoir donner dans ma ſeconde partie un tableau comparé de toutes les combinaiſons par leſquelles on applique l'Indigo à la teinture des ſoies, de la plus grande partie des cottons & des laines. J'aurois cru n'offrir qu'un tableau incomplet, ſi je m'étois borné dans cet ouvrage à parler uniquement des procédés de la teinture en laine; & ſi je n'avois donné, avant tout, un court expoſé de ceux-ci, j'aurois été inintelligible, lorſque j'aurois parlé des accidens qu'on y éprouve.

C'eſt le détail de ces accidens, & toutes les expériences que j'ai faites pour y remédier, qui rempliront la troiſieme & derniere partie. Quelques perſonnes trouveront peut-être que j'y parle d'une maniere bien aſſurée, ſur des faits auſſi ſinguliers & auſſi problématiques : mais j'oſe aſſurer que je n'avancerai rien qui ne m'ait été confirmé par une multitude d'expériences, & je crois pouvoir offrir de les renouveller ſous les yeux de tels Commiſſaires qu'il plairoit à l'Académie de nommer.





ANALYSE ET EXAMEN CHIMIQUE DE L'INDIGO.

INDIGOFERE, Anil, & Indigo, ſont trois noms communs au végétal, dont on extrait cette ſubſtance colorante & ſolide, connue dans le commerce ſous le nom d'*Indigo*. On en diſtingue de deux ſortes à Saint-Domingue, & dans les Colonies voiſines, qui ſont celles d'où nous vient la plus grande partie de nos Indigos. L'Indigo franc eſt une eſpèce d'arbuſte aſſez ſemblable à celui qu'on connoît en France ſous le nom de *Genet;* il eſt aſſez touffu, s'éleve environ à trois pieds & demi, porte un feuillage très-verd, & qui dégage une odeur aſſez pénétrante, lorſqu'il touche à ſa maturité. L'Indigo bâtard ne differe du premier que par ſa hauteur qui eſt beaucoup plus conſidérable, & qui s'élève juſqu'à ſix pieds, par une feuille moins large, mais plus longue, & par une ſouche beaucoup plus forte. Ces deux eſpeces ſe plantent également à l'entrée de la belle ſaiſon, & lorſqu'on a lieu d'attendre des pluies douces, qui favoriſent beaucoup la levée de la plantule.

L'Indigo bâtard, & ſur-tout l'Indigo franc, ſont au plus trois mois à prendre l'accroiſſement qui leur eſt néceſſaire, & à donner tous les ſignes de la maturité. On profite alors des premiers jours favorables pour commencer la premiere coupe; mais on a l'attention de n'attaquer la tige qu'à un pouce

pouce & demi ou deux pouces de terre, attendu qu'on destine cette petite ſouche à produire des rejettons qui doivent faire eux-mêmes la matiere d'une nouvelle coupe, au bout de ſix ſemaines. L'Indigo, dans le moment même où il vient d'être coupé, & où il n'eſt encore qu'une herbe, eſt déjà ſi diſpoſé à la fermentation, qu'il s'échauffe & prendroit feu, ſi on le laiſſoit quelque temps en bottes ou en monceau. On n'épargne donc aucun des moyens qui peuvent accélérer le tranſport de cette herbe dans la cuve, & on prévient autant qu'il eſt poſſible les commencemens même de cette fermentation ſpontanée, attendu qu'elle fait le plus grand tort au reſte des opérations.

C'eſt ſans doute cette diſpoſition ſi marquée à la fermentation ſpiritueuſe, qui a engagé les premiers Obſervateurs à la favoriſer par des vaiſſeaux convenables, & par l'addition d'une certaine quantité d'eau. On a remarqué pour lors que cette fermentation, en tout ſemblable à la fermentation vineuſe, développoit comme celle-ci les parties généreuſes de l'Indigo, chaſſoit les atomes colorans hors de leur enveloppe, & en chargeoit l'eau ajoutée pour la macération; mais l'expérience a démontré en même temps que ce produit coloré, cet extrait précieux, après un certain degré de fermentation, développoit avec la plus grande promptitude tous les ſymptômes alkaleſcens, & qu'une fois réduit à l'état putride, on ne pouvoit plus en tirer aucun parti. On a donc cherché les moyens de prolonger la fermentation ſpiritueuſe tout le temps néceſſaire, ſans amener cependant la fermentation putride. Un mouvement rapide & continu a paru le plus propre de tous à remplir cet objet délicat; il étoit de plus le ſeul qui pût donner la conſiſtance néceſſaire à l'extrait: c'eſt ce qui a engagé à faire ſuivre le procédé de la fermentation ſpiritueuſe par celui du battage. La décantation & le repos étant les ſeuls moyens de faire paſſer un extrait de cette nature à une conſiſtance ſolide; c'eſt ce dont on a cru devoir s'occuper dans les dernieres manipulations, & c'eſt ce qui termine le travail.

Telle eſt la théorie, qui ſert de fondement à tout ce qui ſe pratique dans la fabrication de l'Indigo, & telles ſont les loix de ce beau travail qui s'exécute par l'appareil ſuivant.

Dans un attelier couvert, ou au moins abrité des principales injures du temps, on diſpoſe trois cuves compoſées d'une maçonnerie ſolide en amphithéâtre, & de maniere qu'elles puiſſent être vuidées les unes dans les autres. La premiere qui ſe nomme *la trempoire*, & dont la forme eſt ordinairement quarrée, eſt celle dans laquelle on jette l'herbe, auſſi-tôt qu'elle vient d'être coupée. Lorſque la cuve eſt chargée, on y introduit une quantité d'eau ſuffiſante pour la remplir à ſix pouces des bords, & on étend ſur le tout des paliſſades de bois, ſurmontées de deux autres pieces de bois tranſverſales, qui ſervent à les affermir. Celles-ci ſont arrêtées à quatre poteaux perpendiculaires au ſol, ſcellés en terre contre les parois de la cuve, & qui portent le nom de *clefs*.

Ces préparatifs ne ſont pas plutôt achevés, que la fermentation s'annonce par une prodigieuſe quantité d'air qui ſe dégage avec bruit, & par une multitude de groſſes bulles qui ſe ſuccédent. Toute l'eau qui ſurnage à la ſuperficie de la cuve, prend en même temps une teinture verte très-caractériſée. Lorſque la couleur verte eſt au plus haut point d'intenſité, on doit juger que la fermentation eſt également dans ſon plus fort, & d'ailleurs tout le manifeſte. Les bulles d'air qui ſe dégagoient d'abord ſont remplacées par des flots d'écume, qui s'élevent & retombent précipitamment dans la cuve. Le bouillonnement eſt même ſouvent d'une telle violence, qu'il briſe les palliſſades, & arrache ces poteaux ſcellés en terre, auxquels nous avons donné le nom de *clefs*. Une choſe bien digne de remarque, c'eſt que toute cette écume eſt inflammable, & que l'inflammation s'y communique d'une maniere tout auſſi rapide que dans l'eſprit-de-vin, ou l'éther.

Il n'y a point de régle fixe pour la durée de cette fermentation. Une infinité de circonſtances peuvent forcer à la

prolonger ou à la suspendre, mais elle ne doit jamais durer moins de dix à douze heures. Lorsque l'Indigotier reconnoît par tous les signes accoutumés, que la fermentation est assez avancée, & que les atômes colorans commencent à se réunir, il saisit ce moment pour couler tout l'extrait dans la seconde cuve, qu'on nomme la *batterie*, & qui est à-peu-près semblable à la premiere dans toutes ses dimensions. On commence aussi-tôt l'opération du battage, qui se fait par le moyen d'instrumens nommés *buquets*. Ceux-ci sont des especes d'écoppes sans fond, emmanchés à des bâtons de moyenne grosseur, mais longs de dix à douze pieds, & qu'on appuie sur les bords de la batterie, de maniere qu'ils puissent être agités sans cesse de haut en bas. Quatre nègres qui frappent sans cesse la superficie de la liqueur avec ces instrumens, excitent de nouveau une écume considérable, & qui va quelquefois jusqu'à gêner le coup des buquets; mais il y a plusieurs moyens très-simples de dissiper, ou au moins de modérer cette écume. On sent, comme je l'ai dit plus haut, qu'un mouvement aussi rapide prolonge tous les avantages de la fermentation, sans permettre à l'extrait de tourner à l'état putride; il est clair de plus qu'une agitation pareille favorise l'aggrégation des parties, qu'elle rassemble les molécules colorantes si divisées dans l'eau de la premiere cuve, & qu'elle forme peu-à-peu ce petit grain regardé par les Indigotiers comme l'élément de la fécule.

Il n'y a point encore d'époque fixe pour arrêter le battage, & c'est uniquement lorsque la fermentation du grain est bien décidée, qu'on doit le suspendre. On le reconnoît encore lorsque la couleur de l'extrait, si verte avant le battage, devient d'un bleu assez caractérisé. On se garde bien de le couler alors précipitamment dans la troisieme cuve: on laisse, au contraire, le tout en repos au moins l'espace de deux heures. Pendant cet intervalle, la partie jaunâtre qui étoit un des principes de la couleur verte, & qui ternit encore la vivacité du bleu, se sépare de la fécule, la laisse

précipiter au fond de la batterie, & furnage à la partie fupérieure de l'extrait, auquel elle donne une teinte dorée. C'eft lorfque cette précipitation paroît bien accomplie, qu'on commence à décanter dans la troifieme cuve. Celle-ci fe nomme *baffinot* ou *diablotin*, & au lieu de trois ouvertures ou robinets que porte la batterie, elle en a une feule à fon extrémité, qui doit aboutir à quelque ruiffeau ou à quelque foffe perdue. On commence par ouvrir le robinet fuperieur de la batterie, & on laiffe cette eau, après qu'elle eft tombée dans le diablotin, fe perdre & s'écouler dans la campagne. On en fait autant de l'eau qui s'échappe enfuite par le robinet placé un peu au-deffous. La fécule, après ces deux décantations, fe trouve prefqu'à fec: on étanche encore autant qu'il eft poffible, le peu d'eau fuperflue qui peut y refter; après quoi, on lâche le dernier des trois robinets, & on y recueille precieufement la fécule qui eft d'une confiftance à demi-fluide.

Comme un plus long féjour dans cette cuve n'ajouteroit rien à la perfection de l'Indigo, on ne tarde guere à le retirer du diablotin. On introduit alors cette efpece de vafe dans des chauffes de toile, qu'on fufpend les unes à côté des autres. L'Indigo s'y deffeche de plus en plus. Lorfqu'il eft prefqu'à l'état de pâte, on le coule fur des caiffes quarrées, dont le rebord a environ deux pouces & demi, & on laiffe d'abord ces caiffes à l'ombre fous des hangards, qu'on nomme *fécheries*, ou bien on les expofe à l'air libre, mais avant la grande ardeur du foleil. Peu-à-peu on les expofe à une chaleur plus vive, & à un foleil plus ardent. Lorfqu'enfin on s'apperçoit que cette pâte eft parvenue au point de deffication defiré, on la divife en parties, de la groffeur & de la forme connues dans le commerce. Tout le monde fait que cette forme approche affez d'un cube exact, portant deux pouces ou un peu plus fur fes faces. Après avoir laiffé ces cubes, qu'on nomme alors *pierres d'Indigo*, fe reffuyer encore quelque tems à l'ombre des hangards, elles n'ont plus aucune façon à recevoir, & on peut de ce moment les mettre en futaille.

POUR DÉTERMINER la nature des parties intégrantes de l'Indigo, & connoître d'abord la quantité de matiere huileuſe qu'il contenoit, j'ai diſtillé dans une cornue de verre luttée, quatre onces du plus bel Indigo connu; il a paſſé de l'eau odorante, de l'eſprit alkali volatil, de l'huile verdâtre empyreumatique, dont une partie étoit peſante, & l'autre légere : le réſidu de la diſtillation étoit noir & ſpongieux, & peſoit deux onces quatre gros & demi.

Produits de la diſtillation de quatre onces d'Indigo.

	onces.	gros.
Eſprit alkali volatil.	0	2
Huile légere.	0	1
Huile peſante.	0	3
Charbon.	2	4
Total.	3	2

Il s'eſt perdu durant cette opération ſix gros de matiere, dont la plus grande partie m'a paru être de l'air ; ce que j'ai reconnu par l'appareil chimicopneumatique de Hales.

Le réſidu de la diſtillation de l'Indigo ayant été expoſé au feu pour être converti en cendres, ne s'eſt inciné que très-difficilement, & ces deux onces quatre gros de charbon n'ont fourni après cette opération que trois gros de cendres griſâtres, qui ne faiſoient pas efferveſcence avec les acides ; l'eſprit de nitre verſé ſur ces cendres leur a fait prendre une couleur brune.

Les cendres de l'Indigo contiennent du fer attirable par l'aimant.

J'ai diſtillé une partie de ces cendres d'Indigo avec ſix parties de ſel ammoniac; il ne s'eſt dégagé que quelques gouttes d'alkali volatil; le ſel ammoniac, qui s'eſt ſublimé dans le col de la cornue, avoit une couleur jaune; le réſidu étoit d'un gris blanchâtre.

J'ai diſſous le ſel ammoniac coloré dans de l'eau diſtillée; j'en ai ſéparé le fer en verſant dans cette diſſolution de l'alkali fixe du tartre.

La couleur bleue de l'Indigo n'eſt pas altérable par l'acide vitriolique, ni par l'acide marin. Lorſqu'on verſe l'un ou l'autre de ces acides ſur l'Indigo en poudre, ils font une légere effervefcence; il n'en eſt pas de même de l'eſprit de nitre qui décompoſe la couleur bleue avec la plus forte effervefcence.

J'ai verſé une once d'acide nitreux précipité ſur deux gros d'Indigo en poudre; le mêlange s'eſt prodigieuſement bourſoufflé, & a pris une couleur d'un rouge framboiſe: la pâte qui a réſulté de ce mêlange étoit gluante, tenace, & tachoit la peau d'un jaune de ſafran.

L'eau régale décompoſe avec effervefcence l'Indigo, & le réduit à-peu-près dans le même état que l'acide nitreux.

L'acide du citron, la crême de tartre, & le vinaigre; ne m'ont pas paru altérer la couleur bleue de l'Indigo, quoique j'aie tenu ces menſtrues en digeſtion avec cette fécule.

Les alkalis n'ont pas une action ſenſible, ou au moins apparente ſur l'Indigo. L'alkali fixe du tartre en a dégagé une odeur lixivielle, que j'ai cherché à coërcer, en mettant ce mêlange d'alkali & d'Indigo avec quatre parties d'eau diſtillée, dans un alembic de verre, que je plaçai ſur un bain de ſable; l'eau qui diſtilla durant cette opération n'avoit aucune propriété alkaline.

L'alkali volatil, mis en digeſtion avec l'Indigo, n'a pas non plus altéré ſa couleur, & m'a paru n'attaquer aucune de ſes parties d'une maniere ſenſible. Mais il faut bien ſe garder d'en conclure que les alkalis en général ſoient ſans effet à l'égard de cette fécule; il n'eſt peut-être point, au contraire, d'agens chimiques qui aient autant d'analogie avec elle, qui favoriſent autant le développement de ſes parties; & il paroît même que cette vérité a été connue une des premieres aux Artiſtes. Les Teinturiers en laine ont coutume de laiſſer l'Indigo en macération dans l'urine un tems conſidérable, avant de l'employer. Un des procédés les plus intéreſſans de la teinture en coton eſt de préparer une leſſive de ſoude & de chaux, dans laquelle on fait de même macérer l'Indigo un certain tems, avant de le moudre: mais ce qui m'a convaincu de plus en plus de la grande action des alkalis ſur l'Indigo, ce ſont les expériences que j'ai faites en cherchant à perfectionner le bleu de Saxe.

On ſait aſſez généralement que le bleu de Saxe s'obtient par un mêlange de l'huile de vitriol, avec un Indigo de la qualité la plus fine, & diviſé en parties le plus menues qu'il eſt poſſible. Ce mêlange, qui porte dans la teinture le nom de *compoſition*, eſt aſſurément une découverte précieuſe, puiſque c'eſt à elle ſeule qu'on doit le bleu & le verd de Saxe, deux couleurs auſſi riches que brillantes; mais il s'en faut bien qu'elles ſoient portées l'une & l'autre à leur perfection. De tous les atteliers de teinture que j'ai parcourus, j'en ai trouvé au plus un ou deux où on eût le ſecret de faire pénétrer la compoſition dans l'intérieur des étoffes; ce qu'on appelle en terme d'art, *percer* ou *trancher*, & ce qui eſt le ſeul moyen de rendre en même-tems une couleur durable & ſolide. Preſque tous les Teinturiers avec leſquels je me ſuis entretenu de cette matiere, m'ont dit avoir fait toutes tentatives inutiles, & même y avoir renoncé.

Après avoir fait auſſi beaucoup d'expériences ſans ſuccès, j'ai tenté de neutraliſer l'acide vitriolique par le mêlange d'un alkali. J'ai introduit en conſéquence, à différentes repriſes, une once d'alkali fixe dans un vaiſſeau qui contenoit déjà ſix

onces d'huile de vitriol, & une once d'Indigo bien diſſous. Dès que la plus petite partie d'alkali fixe fut en contact avec le mélange, j'ai remarqué une chaleur & une effervefcence plus conſidérables, que lors même qu'on mélange l'acide vitriolique & cet alkali, pour obtenir du tartre vitriolé. J'ai été auſſi plus ſuffoqué par les vapeurs que dans cette derniere opération. Ayant ajouté peu-à-peu le reſte de mon alkali, le mêlange s'eſt élevé beaucoup au-deſſus des parois du vaſe; mais ayant ceſſé après quelques minutes de l'agiter, le bourſoufflement s'eſt entiérement diſſipé, & le mêlange eſt revenu à l'état fluide.

Je l'ai jetté alors dans une quantité proportionnée d'eau bouillante, & j'y ai plongé un morceau d'étoffe. En moins de ſept à huit minutes, j'ai réuſſi non-ſeulement à teindre l'etoffe dans le bleu le plus vif & le plus foncé, mais encore à en pénétrer la corde, & à rendre ce que les Teinturiers appellent la *tranche*, d'une nuance auſſi foncée que la ſuperficie de l'étoffe. Ayant réitéré nombre de fois l'expérience en grand, & toujours avec les mêmes effets, je crois pouvoir la propoſer aux Artiſtes comme la ſolution de toutes les difficultés qu'ils éprouvent à l'égard de cette couleur: elle offre de plus, comme je l'ai déjà dit, la preuve la plus complette de l'influence qu'ont les alkalis ſur l'Indigo, & elle démontre bien que loin d'en altérer les parties colorantes, comme quelques perſonnes le prétendent, ils les avivent au contraire, les rendent plus pénétrantes, & leur communiquent de la fixité.

Voulant connoître ſi l'Indigo ne contenoit point de partie extractive, j'ai tenté de le diſſoudre par les menſtrues vineux. J'en ai introduit dans cette vue quantité égale dans un flacon rempli d'eſprit-de-vin, & dans un autre rempli d'éther. Ayant bien bouché le tout, & l'ayant abandonné juſqu'au lendemain, j'ai remarqué, après cet eſpace, que la couleur claire & limpide de ces deux liqueurs s'étoient changées en une couleur jaune. Ayant continué à laiſſer l'Indigo en digeſtion, la couleur s'eſt foncée de plus en plus, & eſt devenue d'un rouge fauve

fauve très-caractérisé. Lorsque j'ai cru appercevoir que la couleur ne se fonçoit plus davantage, j'ai décanté les deux liqueurs qui étoient également chargées, & j'ai considéré, avec la plus grande attention, mon Indigo que j'avois divisé avant en parties très-menues. J'ai reconnu alors, par toutes les expériences qui pouvoient m'éclairer, que la couleur bleue, loin d'avoir été altérée, étoit au plus haut point d'intensité & de richesse; que les principes colorans en bleu, loin d'avoir rien perdu d'essentiel dans cette digestion, y étoient devenus plus libres, plus actifs, & ne s'y étoient que débarrassés d'une matiere superflue, & même très-nuisible à la teinture. Enfin les extraits résineux étant les seuls colorans & solubles dans les liqueurs spiritueuses, j'ai reconnu que la matiere colorante rougeâtre, obtenue par cette digestion, étoit exactement d'une nature extracto-résineuse.

Ce succès, qui n'en seroit pas un pour l'art de la teinture, vu la cherté des menstrues spiritueux, m'a engagé à tenter d'obtenir les mêmes effets d'une maniere moins coûteuse. Tous les extraits résineux étant également solubles dans l'eau commune, j'ai mis de l'Indigo divisé de même en parties très-menues dans un bocal rempli d'eau non distillée, & j'ai amené le tout à une légère ébullition, par le moyen du bain de sable. L'eau n'a pas tardé à prendre exactement les mêmes caracteres que les deux liqueurs spiritueuses. Devenue d'abord rousse, elle a pris une couleur de plus en plus fauve, à mesure que la digestion a été continuée. Voulant, dans cette expérience, dépouiller la fécule autant qu'il me seroit possible de la partie extractive, j'ai renouvellé l'eau, & j'en ai rendu jusqu'à ce que l'Indigo ne lui communiquât plus la teinture la plus légère de fauve ou de rouge. L'Indigo que j'ai retiré, après avoir décanté cette derniere eau, loin d'être plus altéré que le premier, par une si longue ébullition, & par cette suite de lessives, m'a paru, au contraire, d'un bleu encore plus éclatant; & quoique ce fût du Saint-Domingue que j'avois employé dans cette expérience, j'ai reconnu qu'elle lui avoit donné toutes les qualités & tous

les caracteres qui diſtinguent les ſuperbes Indigos connus ſous le nom de *Guatimalo*.

J'ai appliqué enſuite ce procédé au Guatimalo lui-même. L'eau en eſt pareillement ſortie très-colorée ; mais la matière extractive y étoit évidemment dans une quantité beaucoup moindre, & la couleur de l'eau étoit beaucoup moins foncée. Ayant continué l'expérience ſur des Indigos d'une qualité moyenne, la gradation que j'ai obtenue dans la nuance des diſſolutions, & dans la quantité de la matiere extractive, m'a démontré de plus en plus que l'une & l'autre étoient toujours en raiſon de la qualité elle-même de l'Indigo, & que ce rapport étoit un des plus exacts qu'on puiſſe deſirer.

On aura peut-être quelque peine à concevoir qu'une opération ſi ſimple métamorphoſe des Indigos communs en Indigos d'une qualité & d'un prix infiniment ſupérieurs ; que ces derniers même, après l'avoir ſubi, ſoient portés à un degré de perfection & de pureté, qui ne trouve plus de terme de comparaiſon ; mais qu'on ſe rappelle ce que nous avons dit dans notre Théorie abrégée des travaux de l'Indigoterie. Nous y avons fait remarquer que la couleur verte qu'offroit d'abord l'extrait étoit dûe à une partie jaunâtre, mêlée dans ce premier développement avec les parties bleues de la plante ; qu'un des principaux objets du battage étoit de dégager ces deux parties l'une de l'autre, & de précipiter les parties bleues, qui, comme plus peſantes, ne manquent jamais de laiſſer ſurnager toutes les autres : c'eſt même un principe connu de tous les Indigotiers, qu'un Indigo eſt d'autant mieux réuſſi, qu'il a été plus repoſé après le battage, & par conſéquent mieux dégagé de ſon jaune. N'eſt-il pas clair, d'après cela, que ces parties qui colorent les diſſolutions de l'Indigo, dans un jaune ſi foncé, ne ſont autre choſe qu'un réſidu de ces parties jaunes qu'on cherche à diſſiper par le battage, & qui ſont reconnues des Indigotiers eux-mêmes comme nuiſibles ; que toute opération propre à renouveller ou à perfectionner l'extraction du battage, doit perfectionner infiniment la qualité de l'Indigo

même ? & ſi ces parties nuiſibles engagées en plus ou moindre quantité dans tous les Indigos quelconques, n'ont pas encore été reconnues, c'eſt qu'on n'a peut-être jamais cherché à raffiner, ſi j'oſe dire, les Indigos, une fois qu'ils ont été exportés hors des Colonies.

Le premier parti que les Artiſtes pourront tirer de cette découverte, eſt un moyen infaillible de reconnoître au juſte la qualité des différens Indigos, & de les comparer avec la plus grande exactitude. La légèreté, la fineſſe de la pâte, le cuivré intérieur, le poli de la caſſure, ne ſont bien ſouvent que des ſignes équivoques, & ne ſont que trop fréquemment démentis par l'emploi. Si on ſe rappelle, au contraire, le rapport conſtant que je viens de démontrer entre la quantité de la matiere extractive, & la qualité ſpécifique de l'Indigo, on conviendra que le procédé que j'indique offre le moyen le plus ſimple, le plus précis, & en même tems le plus ſenſible de réuſſir à cet examen, ſur lequel il y a eu juſqu'à préſent ſi peu de principes sûrs.

Mais l'avantage, ſans contredit, encore plus précieux que me ſemble offrir cette expérience, eſt d'épurer tous les Indigos quelconques d'une quantité plus ou moins grande de parties toujours nuiſibles, & d'aviver non-ſeulement ceux de baſſe qualité, mais même les plus fins & les plus accomplis. Les Teinturiers trouveront, ſans doute, plus d'un moyen d'exécuter en grand un procédé ſi ſimple; mais celui que je crois devoir leur preſcrire de préférence, eſt d'introduire l'Indigo le plus diviſé qu'il ſera poſſible, dans des ſacs d'une toile aſſez ſerrée pour ne point laiſſer paſſer le menu ou la pouſſiere; d'emplir une petite chaudiere d'eau commune, d'y faire bouillir l'Indigo contenu dans ces ſacs à un bouillon léger, & de renouveller l'eau juſqu'à ce que l'Indigo ne lui communique plus la moindre couleur rouſſe. Si on ſe contentoit d'étendre l'Indigo ſur une toile, & d'y jetter pluſieurs leſſives d'eau bouillante, ou de jetter cette même eau dans un cuvier qui contiendroit de l'Indigo, chaque partie auroit

bien plus de peine à être attaquée per l'eau bouillante, & il en résulteroit d'ailleurs une multitude d'autres inconvéniens.

Mes Juges approuveront sans doute que j'aie poussé mes recherches encore plus loin, & qu'après avoir trouvé ces moyens de perfectionner un Indigo quelconque, immédiatement avant son emploi, je me sois occupé de l'altération générale qui regne depuis plusieurs années dans toutes les classes d'Indigo. Je vais donc exposer mes vues sur un problême dont la solution est si intéressante, & proposer en même-temps des moyens de remédier à plusieurs autres abus.

Les produits de l'Art sont ordinairement d'autant plus parfaits, qu'ils s'éloignent davantage de l'instant de leur découverte. Ce n'est même que le temps, & les manipulations réitérées, qui les conduisent ordinairement à leur perfection; mais il n'en a pas été de même de l'Indigo. Voilà bientôt cent ans que l'Indigo & ses préparations sont connues. Le débit rapide qu'ont eu les premiers essais, a fait naître des Indigoteries dans toutes les parties du nouveau monde. Le prix de cette fécule est aujourd'hui le double de ce qu'il étoit même il y a dix ans; & nous sommes cependant forcés de regretter le temps où les Indigoteries étoient au berceau. Si on compare les qualités actuelles à d'anciens échantillons des mêmes qualites, on apperçoit la différence la plus frappante dans tous les caracteres qui constituent le bon Indigo. Ce que les ouvriers appellent *rendement*, ou *rapport dans les cuves*, est absolument changé depuis quelques années: enfin (ce qui n'est qu'une démonstration trop complette), il faut aujourd'hui presque le double des anciennes doses, pour obtenir les mêmes effets. L'économie bien mal entendue de quelques propriétaires d'Indigoteries sur les préparations & les travaux contribue sans doute beaucoup à cette altération marquée, & qui fait presque chaque année de nouveaux progrès; mais les chefs d'Indigoteries les plus désintéressés, commencent à se plaindre eux-mêmes, que

leurs travaux deviennent plus ingrats & plus pénibles que jamais; que les Indigos bruts semblent plus appauvris de parties colorantes, moins pourvus de ces parties fermentescibles qui favorisent l'extraction de la plante; & il arrive fréquemment que des parties entières refusent de s'extraire dans la trempoire. Ces derniers accidens proviennent sans doute de causes antérieures à toutes manipulations. Quelles peuvent être ces causes? le végétal lui-même seroit-il altéré? peut-on se flatter de remédier à cette altération, supposé qu'elle fût démontrée? Je vais hasarder à ce sujet quelques réflexions que j'ai puisées dans des informations exactes sur l'état de nos Colonies.

L'Indigo, ainsi que les autres productions végétales du nouveau monde, y existoit probablement lors de la découverte, en petite quantité, & dispersé çà & là, comme le sont toujours les productions spontanées d'un sol quelconque; le parti précieux qu'on n'a pas tardé à en tirer pour la teinture, l'a bientôt rendu un des objets les plus intéressans de la culture & des défrichemens. Ces terres nouvellement défrichées, & qui peu de temps avant étoient même couvertes de bois, ont donné d'abord les productions les plus vigoureuses. La culture étoit presque superflue. Les propriétaires d'Indigoteries recueilloient alors des fruits immenses de leurs habitations, & les Indigos semés dans le commerce étoient de la qualité la plus accomplie. Peu-à-peu, ces terres couvertes auparavant de forêts, & qui ne se trouvoient plus défendues des ardeurs du soleil par leurs nouvelles productions, ont dû par cela seul perdre beaucoup de leur suc & de leur vigueur. Tourmentées sans relâche pour donner de nouvelles récoltes, & brûlées en même-temps par le soleil le plus ardent à leur surface, elles n'ont pu que beaucoup dégénérer. Une culture approfondie auroit remédié de bonne heure à tous ces inconvéniens; mais la seule culture qu'on ait donnée jusqu'à présent aux champs d'Indigo, consiste à retourner légérement la terre avec des houes; & qui ne fait encore que ce travail, comme tous

ceux des Colonies, eſt confié au bras languiſſant & énervé des Noirs? Ces premiers terreins, toujours façonnés à demi par des bras ſans vigueur, ont donc dû dégénérer de plus en plus, ainſi que leurs productions; les nouveaux défrichemens qui ſe ſont faits, encore aux dépens des forêts, & qui ont formé de nouvelles Indigoteries, ont perpétué pendant quelque temps les Indigos de premiere perfection, & ſi j'oſe dire, de premier aloi; mais il ne faut plus compter à l'avenir ſur cette reſſource. Loin de voir jour à ce que les Colonies s'étendent davantage, on remarque qu'elles ſont déjà trop étendues, en raiſon des Nègres qu'on peut employer à leur culture. Ces malheureuſes victimes deviennent tous les jours de plus en plus rares. On diroit que la ſource commence auſſi à s'en tarir.

Le ſeul moyen qui ſelon moi remédieroit à un mal ſi alarmant, & qui peut-être changeroit la face de toutes nos Colonies, ſeroit de renoncer entièrement à la maniere actuelle de façonner les champs à Indigo, d'abandonner les houes qui entrent à peine de quelques pouces dans la terre, qui demandent les plus grands efforts pour ne produire preſqu'aucun effet, & qui ont le vice plus grand encore de retenir à-la-fois un nombre conſidérable de Nègres. Je voudrois qu'à un inſtrument ſi mal combiné on ſubſtituât une de nos charrues, & même une de nos plus lourdes charrues. Mon projet révoltera ſans doute au premier aſpect tous nos Colons. On m'objectera que tous les terrains de l'Amérique ſont fort différens des terreins de l'Europe; qu'ils ſont beaucoup plus meubles; que des inſtrumens légers y font par conſéquent plus d'effet: enfin que ſi l'appauvriſſement des terrains pouvoit être réparé par quelque voie, il le ſeroit depuis long-temps par les excellens fumiers de Mill & d'Indigo pourris qu'on répand à leur ſurface. Du moins telles ſont les différentes objections qui m'ont été faites dans les différens ports de mer où j'ai haſardé mon ſyſtême; mais j'ai trouvé dans les mêmes ports des perſonnes encore plus verſées dans la connoiſſance des Colo-

nies, qui avoient même dirigé autrefois en perſonne des Indigoteries, & qui ont adopté preſque ſans exception toutes mes vues. On ne peut diſconvenir, en effet, qu'un terrain quelconque, meuble ou non, ne gagne beaucoup à être retourné à fond. Le terrain des Indigoteries y gagneroit d'autant plus qu'on ne ſeme point la graine d'Indigo en l'éparpillant ſur la ſurface du champ, comme nous ſemons le bled, mais en faiſant des trous aſſez profonds dans la terre, & y jettant un certain nombre de grains. Si les excellens fumiers qu'on emploie pour ranimer la vigueur des terres ont peu d'effet, c'eſt préciſément parce qu'elles ſont à peine retournées. Qu'on introduiſe le coutre de la charrue dans ces terres ſi bien fumées, alors les ſucs précieux du fumier, au lieu d'être pompés ſans ceſſe par l'ardeur du ſoleil, & de s'exhaler en vapeurs, pénétreront à la profondeur où le travail de la végétation s'ébauche & ſe développe; ils y formeront inſenſiblement un nouveau terrain bien plus généreux & plus alimentaire que le premier, & les terrains même déſeſpérés redeviendront infailliblement fertiles (1). La ſeule objection que je trouverois invincible ſeroit ſi le ſol de l'Amérique ne permettoit d'élever ni bœufs, ni chevaux ou mulets; mais il n'en eſt point à cet égard de l'Amérique comme des Indes Orientales. Tous les beſtiaux s'y élevent ſans difficulté: on y éleve même des chevaux ſpécialement pour les Indigoteries, attendu que, dans un très-grand nombre, les buquets des batteries ne ſont mis en mouvement que par des chevaux ou des mulets. Tous les propriétaires d'habitation qui ne ſeront point dominés par la routine & les préjugés, conviendront donc que l'introduction des charrues dans

---

(1) Je tiens de M. Tillet, un de nos plus grands Obſervateurs dans le règne végétal, que toutes les plantes frugiferes perdent au lieu de gagner, par une culture approfondie, & des fumiers très-gras; mais que tous les végétaux dont la partie précieuſe, comme celle de l'Indigo, réſide dans l'écorce ou dans les feuilles, déclinent au contraire ſenſiblement, & finiſſent par s'altérer totalement, ſi on ne façonne à fond la terre qui les entoure, & ſi on ne la renouvelle par des ſucs étrangers, tels que ceux des meilleurs fumiers.

les champs d'Indigo n'offre que des avantages ſous tous les points de vue; que cet inſtrument ne peut être ſujet à aucun inconvénient dans les pays de plaine, & qu'avec de légères modifications on le rendroit également propre à la culture des Mornes. Au reſte, je ne tarderai point à avoir la démonſtration la plus complète ſur cette matiere. Avant de quitter Nantes & Bordeaux, j'ai décidé quelques amis à faire charger des charrues ſur des navires prêts à partir pour Léogade & les Cayes Saint-Louis. Quels que ſoient les effets de ces inſtrumens, que je crois inconnus, ou au moins ſans uſage dans toutes nos Colonies, je ſaiſirai la premiere occaſion de les rendre publics.

Il eſt une autre réforme qui paroîtra peut être avoir un objet moins eſſentiel, mais qui, introduite une fois dans toutes les Indigoteries, procurera encore des avantages inappréciables à tous ceux qui ont rapport, ſoit à la vente, ſoit à l'emploi de l'Indigo. J'ai dit dans le récit abrégé des opérations de l'Indigoterie, que ceux qui conduiſent ces travaux, après avoir retiré la fécule du Diablotin, l'introduiſent dans des chauſſes de toile, où ils la laiſſent s'égoutter un certain temps; que lorſqu'elle n'eſt plus qu'à demi-fluide, on la verſe ſur des caiſſes quarrées, dont les rebords ont environ deux pouces; enfin j'ai ajouté que lorſque l'Indigo étoit parvenu à l'état d'une pâte un peu ſolide, on partageoit cette ſurface unie par le moyen de couteaux faits exprès, en petits cubes d'environ deux pouces ſur toutes les faces, & que ces cubes ou petites pierres étant bien reſſuyés, on les mettoit en futailles, en ayant attention de les ſerrer & de les comprimer le plus qu'il étoit poſſible; mais il réſulte toujours les plus grands inconvéniens de ces dernieres manipulations, quelques ſoins qu'on y apporte.

Toutes ces pierres ou cubes étant d'un trop petit volume pour être arrangés avec ordre dans les futailles, & leur petiteſſe obligeant, au contraire, de les jetter au haſard, cette quantité innombrable d'angles & de ſurfaces forme preſqu'autant de vuides, qui ſont encore augmentés par le retrait que ſubiſſent

les

les pierres en se séchant de plus en plus. De-là une vacillation qui occasionne la fracture d'une quantité considérable de pierres, dans tous les mouvemens qu'on donne à l'Indigo en futaille. L'Indigo ne pouvant être employé dans la teinture sans être moulu, toutes ces pierres brisées, tout le menu ou grabot, en terme de commerce, qui en résulte, n'occasionneroient sans contredit aucune perte, & seroient sans inconvénient, si le vaisseau qui contient l'Indigo renfermoit hermétiquement les parties contenues. Mais quels sont les vaisseaux dans lesquels la plupart des Nations exportent cette marchandise si précieuse hors de leurs Colonies? Des barriques semblables à celles de nos vins, mais qui sont encore l'ouvrage brut & informe des Nègres, dont les douves mal assemblées par ces ouvriers peu industrieux, donnent mille issues à la poussiere qui se forme, & se renouvelle sans cesse dans l'intérieur de la barrique; dont le parfait assemblage ne pourroit d'ailleurs subsister long-temps, quand elles seroient le mieux fabriquées, puisque les fluides seuls ont la propriété de faire joindre hermétiquement les parties d'une barrique. Le peu de cohérence de ces parties entre elles, occasionne donc une perte immense des objets contenus; mais il me sera facile de démontrer que la forme seule de ce vaisseau est encore sujette à deux grands inconvéniens.

1.° La forme ronde des barriques ne manque jamais de décider, tant aux Colonies que dans nos ports, les porte-faix ou manœuvres à rouler les futailles d'Indigo dans tous les trajets qu'ils ont à leur faire faire. On ne sauroit croire combien ce mouvement de rotation, acheve d'atténuer les pierres déjà brisées, combien ces secousses en brisent même de nouvelles, & sur-tout combien elles font transpirer de poussiere à travers les parois de la futaille. Or c'est ce qui n'arriveroit pas si l'Indigo étoit contenu dans des vaisseaux d'une autre forme.

2.° Je me suis convaincu, en parcourant tous nos ports, & en descendant dans des navires de toutes les grandeurs, que la

forme des barriques eſt la plus ingrate de toutes pour l'arrimage ; que les futailles ne manquent jamais de conſumer en pure perte un tiers du local qu'elles occupent, & qu'une même quantité de marchandiſe qui ſeroit contenue, par exemple dans des caiſſes quarrées, occuperoit un tiers moins d'eſpace dans les écoutilles. Si on fait attention que le premier bénéfice des Armateurs dépend du fret plus ou moins conſidérable de leurs navires, & qu'ils ne peuvent jamais aſſez contenir, ſurtout dans les retours, on conviendra ſans doute que tout ce qui nuit à l'arrimage, tire aux plus grandes conſéquences. Or, je le répete, toutes les perſonnes que j'ai conſultées à ce ſujet, Capitaines, Matelots, Arrimeurs, tous ſont convenus, avec moi, d'un commun accord, que de tous les objets qui entroient en cargaiſon, les futailles quelconques ſont ceux qui conſument le plus de place, quelques précautions qu'on prenne en les arrimant ; & les raiſons en ſont trop ſenſibles pour que nous cherchions plus long-temps à le prouver.

Si je propoſois, pour remédier à tous ces inconvéniens par un ſeul & unique procédé, d'imiter dans toutes les Colonies les habitans de Guatimala, qui n'envoient leurs indigos que dans des peaux de boucs, on ne manqueroit pas de m'objecter que toutes les parties du nouveau continent ne ſe prêteroient peut-être pas également à élever ces animaux; que d'ailleurs il en faudroit une quantité immenſe, pour qu'elle fût proportionnée à celle des Indigos de toutes les Colonies; enfin que les Indigos de Guatimala, étant les plus précieux & les plus chers qui exiſtent, des qualités fort inférieures ne mériteroient pas cette dépenſe. Mais ne ſeroit-il pas poſſible de trouver quelqu'autre moyen auſſi ſimple, moins diſpendieux, & qui ne coûteroit aux Indigotiers d'autre ſacrifice que celui de leurs préjugés & de leur habitude? C'eſt ce que nous allons tâcher maintenant de démontrer.

On a vu par ce que nous avons dit au commencement de ce Mémoire, & que nous venons de rappeller, il y a quelques momens, ſur les dernieres manipulations de l'Indigoterie, que

la fécule, après avoir été retirée du Diablotin, & avoir passé par les ſacs, eſt une pâte docile, à laquelle on peut imprimer, ſans aucune peine, telle forme qu'on deſire. La méthode reçue dans toutes les Colonies, d'étendre alors la fécule ſur des caiſſes plates, pour la faire ſécher, & de la partager avec un couteau en pierres de la grandeur connue, lorſqu'elle eſt à l'état d'une demi-conſiſtence; cette méthode, dis-je, rend encore plus facile de donner à ces mêmes pierres telles nouvelle forme ou telle étendue qu'on ſouhaiteroit. Je voudrois donc, qu'au lieu de couper l'Indigo encore humide, en cubes d'un pouce ou un pouce & demi, on le coupât en quarrés de la même épaiſſeur, mais de ſix pouces de ſurface, ou en parallélipipèdes de ſix pouces de long, ſur quatre de large. J'oſe preſque défier qu'on objecte rien de ſolide contre cette innovation, puiſque je ne change rien à l'épaiſſeur de l'Indigo, la ſeule choſe qui pourroit nuire à ſon parfait deſſéchement. On ne pourroit pas m'objecter avec plus de raiſon, que ce changement alongeroit le travail des Nègres. On ſent, au contraire, combien le partage de tout l'Indigo contenu dans une caiſſe, ſeroit plus prompt & plus facile, puiſqu'une de ces nouvelles pierres en comprendroit cinq ou ſix des anciennes: mais l'avantage ineſtimable qui réſulteroit de cette réforme, ſeroit que l'Indigo réduit ſous des maſſes beaucoup plus fortes & plus maniables, pourroit s'arranger ſans peine avec toute la précaution poſſible, dans les vaiſſeaux qu'on deſtineroit à ſon tranſport. Il réſulteroit ſur-tout de cette innovation, qu'on pourroit abandonner pour jamais les futailles qui ſont ſujettes à une ſi grande foule d'inconvéniens, & qu'on pourroit y ſubſtituer des vaiſſeaux d'une forme toute différente.

Celle que je croirois devoir adopter, d'après toutes les informations & toutes les expériences que j'ai faites à ce ſujet, ſeroit des caiſſes quarrées de telle grandeur qu'on ſouhaiteroit, qu'on pourroit encore fabriquer avec le bois le plus léger & le moins cher, qui croîtroit dans chaque Colonie, mais qui ſeroient eſſentiellement aſſemblées en languettes & mortaiſes,

Je voudrois, de plus, qu'avant d'y dépoſer l'Indigo, elles fuſſent garnies d'un fort papier, ou ce qui ſeroit peut-être moins diſpendieux dans certaines Colonies, d'une natte quelconque. On voit que par toutes ces attentions, je préviens chacune des circonſtances qui ont contribué juſqu'à ce jour à fracaſſer les pierres d'Indigo; qu'en cas de fracture de quelques-unes, je ne laiſſe plus la moindre iſſue aux parties ſi évaporables de cette fécule; que ces mêmes procédés offrent un moyen d'exporter l'Indigo ſous le volume le plus favorable à la navigation : enfin, que tant d'avantages réunis, exigent au plus les mêmes peines & la même dépenſe que les futailles dont on s'eſt toujours ſervi.

S'il eſt quelques perſonnes auxquelles ces détails aient paru longs ou peu relevés, je les ſupplie d'obſerver que de tout tems l'Indigo a perdu environ douze pour cent ſur ſon poids, pendant le trajet des iſles dans nos ports; que dans le trajet de nos villes maritimes à celle où il doit être employé, il perd encore cinq à ſix pour cent; ce qui a donné naiſſance à la tare & au don qui s'accordent toujours par les vendeurs. Si, comme il eſt viſible, cette perte énorme n'a d'autre cauſe que la conformation vicieuſe des pierres d'Indigo, & encore plus celle des barriques, on conviendra, ſans doute, que cette matière méritoit quelqu'examen, & qu'elle étoit bien digne d'être ſoumiſe aux yeux d'une Compagnie également zelée pour le progrès des Arts & le bien du Commerce.

La derniere obſervation que j'adreſſerai à nos Colons, & que je leur adreſſerai encore au nom du Commerce & de tous les Conſommateurs, a pour objet la précipitation avec laquelle la plupart mettent l'Indigo en futaille, lorſqu'il ne fait que d'être fabriqué. C'eſt une des loix de l'Indigoterie de laiſſer encore l'Indigo reſſayer quelque temps, lors même qu'il eſt partagé en pierres, que ces pierres ſont devenues bien ſolides, & qu'il donne à l'extérieur tous les indices d'un parfait deſſéchement. Il s'en faut bien, en effet, que l'Indigo ſoit alors privé de toute humidité ſuperflue. On ne l'a pas

plutôt mis à l'ombre & à l'écart, pour ce qu'on appelle le laiſſer reſſuyer, qu'il entre, pour ainſi dire, dans une nouvelle fermentation des plus ſurprenantes. Si on l'a déjà mis dans une barrique, l'intérieur de la barrique contracte le plus haut degré de chaleur. Chaque pierre paroît bouillir en particulier, diſtille de groſſes gouttes d'eau, & finit par ſe couvrir d'une eſpece de fleur blanche (1); mais on doit bien ſe garder de croire que cette fermentation intérieure ceſſe exactement avec les ſymptômes apparens. Ceux-ci ſe diſſipent en entier au bout de quelques jours; mais le mouvement intérieur des parties continue ſouvent pendant deux mois. Si l'impatience ou le beſoin de vendre détermine le propriétaire, comme il n'arrive que trop ſouvent, à fermer les futailles avant cet intervalle, la ſuppreſſion de l'air extérieur n'arrête point cette fermentation; il ſemble même qu'elle n'en acquiert que plus de force.

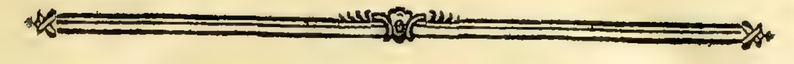
Ces Indigos continuant donc à fermenter pendant tout le temps de la traverſée, arrivent dans les ports ou dans nos atteliers avec tous les dehors de moiſi, & auſſi mouillés que s'ils euſſent fait avarie. On ſent, d'après cela, qu'il eſt d'abord impoſſible d'en conſtater le poids réel; mais la qualité elle-même en eſt totalement changée. Il ſemble dans cet accident, que la fécule ait tourné toute ſon énergie contre elle-même, & qu'elle ſoit entièrement décompoſée; & il eſt au moins certain qu'elle a perdu la plus grande partie de ſes principes colorans. Ayant reçu une fois de l'Indigo de cette nature, & voulant d'abord obſerver combien il y auroit de perte ſur ſon poids, j'en ai expoſé cent livres non pas au ſoleil, ou même

(1) Ce ſont des reſtes de cette fleur blanche qu'on trouve ſouvent au-dedans de l'Indigo, en caſſant les pierres, & qu'on nomme *évent* en terme de commerce. Je viens d'apprendre que M. Sage, de l'Académie des Sciences, avoit examiné cette eſpèce de moiſiſſure, qu'il l'attribuoit uniquement à la matiere extractive, dont une partie ſe décompoſe en attirant l'humidité; & que ſelon lui l'Indigo ne ſeroit point ſuſceptible de ce défaut, ſi on avoit ſoin de le bien laver dans les atteliers où on le prépare.

à l'air extérieur, mais ſeulement dans un endroit fermé & bien ſec. Au bout de vingt-quatre heures les cents livres étoient réduites à moins de quatre-vingt-dix, & elles ſont encore tombées enſuite de beaucoup. Quant à ſa qualité, les obſervations que j'ai faites lors de l'emploi m'ont démontré qu'elle ne valoit pas moitié du Saint-Domingue ordinaire.

Ces accidens ſi préjudiciables, ſur-tout au Conſommateur, devenant plus fréquens que jamais, ce ſeroit ſans doute le moment de faire revivre les anciennes Ordonnances qui ont été portées ſur cet objet; mais elles ne tarderont ſûrement pas à être remiſes en vigueur, ainſi que toutes les autres Loix ſages, par le Miniſtre éclairé qui préſide à nos Colonies, & qui n'a jamais été plus occupé de leurs véritables intérêts. J'oſe même me flatter que toutes les innovations dont je crois avoir démontré plus haut les avantages, ſeront elles-mêmes appuyées par des Ordonnances nouvelles, ſi leur utilité eſt reconnue de l'Académie; & ce ſera, ſans doute, le fruit de ſon ſuffrage, ſi je ſuis aſſez heureux pour le remporter.





PROCÉDÉS

Par lesquels on applique l'Indigo à la teinture des principales substances.

LES VAISSEAUX dans lesquels on teint en bleu la soie écrue & non fabriquée, sont de cuivre, & disposés de maniere à soutenir continuellement l'action d'un feu modéré. Ces vaisseaux auxquels la plupart des Teinturiers donnent le nom de *cuves* (1), ont ordinairement quatre pieds de profondeur, sur deux de largeur à leur partie supérieure; & un pied ou quinze pouces dans leur partie inférieure. Celle-ci, comme on voit, offre un diamètre moindre que la premiere, elle est de plus arrondie, & elle descend environ un pied & demi au-dessous du sol de l'attelier. Ces cuves sont ordinairement adossées à quelque mur, & toujours entourées d'une maçonnerie de sept à huit pouces. Au niveau du sol de l'attelier, & à la partie qui fait face, on pratique une ouverture d'environ six pouces de large, sur huit à neuf de haut. Cette ouverture sert à introduire de la braise dans le vuide que l'on a ménagé entre les parois de la cuve & la maçonnerie; elle forme de plus un courant d'air avec une autre ouverture pratiquée en face, encore au niveau du sol, & surmontée d'une espece de tuyau, dont l'ouverture sort quelques pouces au-dessus de la cuve.

On assied ces cuves en les remplissant d'eau commune, dans laquelle on jette d'abord trois ou quatre poignées de son bien

(1) J'ai étudié les procédés de la teinture en soie dans les villes de Tours, Nîmes & Lyon; mais j'ai cru devoir m'en tenir aux termes d'art usités dans cette derniere ville.

lavé, & battu dans les mains jusqu'à ce que l'eau en sorte claire. On fait bouillir ce son pendant un demi-quart-d'heure; après quoi, on met une livre de cendre gravelée, & une once de garence, sur une livre d'Indigo : on fait bouillir ensemble les deux premieres, l'espace d'un demi quart-d'heure, & lorsqu'elles ont jetté un gros bouillon, on retire le feu de dessous la cuve, pour les laisser reposer au moins une demi-heure.

Pendant ce temps, on pile l'Indigo le plus menu qu'il est possible dans un mortier. Lorsque le son, la cendre gravelée, & la garence sont bien reposés, on commence à puiser à la superficie du bain, autant qu'il est nécessaire, pour délayer l'Indigo, & on survuide sans cesse la partie la plus claire, jusqu'à ce que l'Indigo soit entièrement divisé.

On a soin, à chacune de ces opérations, d'agiter le plus complétement possible tout le mêlange, par le moyen d'une palette de bois adaptée à un manche, dont la longueur se régle sur la profondeur de la cuve, & qu'on nomme *rable*. Dans la plupart des teintures, on désigne l'usage du rable par les mots de *pallier* & de *palliemens*; mais dans la teinture en soie, & sur-tout à Lyon, on exprime cette opération par les mots de *brasser* & de *brassées*. Il est de la plus grande importance de bien brasser la cuve, chaque fois qu'on y introduit quelque nouvelle substance, ou même une nouvelle dose des mêmes substances. C'est presque cette opération seule qui décide le développement & la fermentation des substances combinées ensemble; & quoiqu'elle soit si simple en apparence, nous lui verrons jouer le plus grand rôle dans toutes les opérations que nous allons continuer à décrire.

Une cuve construite & établie selon tout ce qui a été dit ci-dessus, contient ordinairement douze à quinze livres d'Indigo, & par conséquent de la cendre gravelée ainsi que de la garence en proportion. Lorsqu'elle est parfaitement venue, ce que l'on reconnoît à une pellicule rougeâtre & cuivrée qui se

forme

forme dessus, on lui donne ce qu'on appelle un *brevet*, avec environ deux livres de cendre gravelée & trois onces de garence : on lui en donne encore autant le lendemain, s'il est nécessaire, quoique la cuve n'ait point travaillé. C'est ce qui se nomme *accomplissage*, & qui acheve de faire pousser l'Indigo.

Lorsque la cuve est à ce point, & que la chaleur est tellement rallentie, qu'on y peut tenir la main sans douleur, il ne lui manque rien pour teindre. On y plonge donc alors la soie qui doit avoir été cuite à raison de trente livres de savon pour cent, & ensuite bien dégorgée de son savon par deux battures, ou même plus dans une eau courante. Avant même de faire subir à la soie l'opération de la cuite, on doit avoir formé différens assemblages d'un même nombre d'écheveaux qu'on nomme *mateaux*. Lorsqu'on en vient à teindre la soie, on passe un de ces mateaux dans un petit cylindre de bois long d'environ un pied, dont l'ouvrier tient chaque extrémité, & sur le milieu duquel porte le mateau. Lorsqu'on a fait passer successivement chaque partie du mateau, une ou plusieurs fois sur le bain, on le tord à la main au-dessus du même bain, & autant que les forces le permettent : on l'évente ensuite dans les mains pour le déverdir. Lorsqu'il paroît bien déverdi, on le jette dans de l'eau parfaitement nette, qu'on tient à portée; après quoi, on le tord jusqu'à dix & douze fois sur une espece de cheville arrêtée dans le mur, ou dans un poteau, qu'on nomme *espart*.

On peut teindre de cette sorte trente livres de soie sur une cuve, sans y rien ajouter. Lorsqu'on a teint à-peu-près cette quantité, on compose un brevet d'une livre de cendre gravelée, une once de garence & une poignée de son bien lavé. Cette addition est indispensable pour consolider l'action de la cuve. Les parties colorantes de l'Indigo se trouvant aussi épuisées, lorsqu'on a teint une certaine quantité de soie, il devient également nécessaire de rendre de l'Indigo à la cuve, & on lui en rend ordinairement à la quantité de cinq ou six livres; mais il

faut toujours obſerver en même temps d'ajouter quantité proportionnée de cendre gravelée de garence & de ſon ; c'eſt ce qu'on appelle *enter la cuve.*

Je répéte qu'on doit faire cette opération auſſi-tôt qu'on a teint vingt-cinq ou trente livres de ſoie dans un bleu plein, quoique pluſieurs Teinturiers profitent de ce moment pour teindre les ſoies qu'ils veulent laiſſer d'un bleu clair ; mais cette manœuvre économique, à la vérité, eſt ſujette à de grands inconvéniens ; elle amene d'abord très-ſouvent la défaillance des cuves, dont nous parlerons plus bas ; d'ailleurs les ſoies qui ont été paſſées ſur ces cuves ne ſont jamais d'un bleu ni auſſi brillant, ni auſſi ſolide. Il vaut beaucoup mieux établir des cuves avec une moindre quantité d'Indigo pour cette eſpèce de nuance ; &, s'il en réſulte un peu plus de dépenſe par la multiplicité des cuves que cette pratique exige, l'Artiſte eſt bien dédommagé par la beauté & la ſolidité de ſon bleu.

La ſoie qu'on plonge ſans ceſſe dans la cuve lorſqu'on la fait travailler un certain temps y dépoſe inſenſiblement une graiſſe qui arrêteroit entièrement les opérations, ſi on n'avoit ſoin de l'en purger. Pour y parvenir, on remplit de ſon non lavé un petit ſac de toile : on ferme le ſac par une ficelle qu'on arrête au bord de la cuve, mais qu'on tient en même temps aſſez longue pour qu'il puiſſe deſcendre au fond ; enfin on obſerve de ne mettre le ſac qu'un demi-quart-d'heure après avoir braſſé la cuve. Il eſt remarquable qu'en moins de vingt-quatre heures le ſac dégraiſſe la cuve, & ne manque jamais alors de remonter à la ſuperficie. Lorſqu'on veut purger la cuve autant qu'il eſt poſſible, on a ſoin, après lui avoir donné un brevet & l'avoir braſſé, de faire griller au feu trois ou quatre tranches de pain : on les met toutes chaudes dans la cuve, & on réitère le procédé juſqu'à ce qu'elle ſoit parfaitement en état ; ce qu'on reconnoît lorſqu'en ſoufflant un peu ſur ſa ſuperficie elle verdit, ou lorſqu'elle eſt couverte de cette pellicule cuivrée ou rougeâtre dont j'ai parlé plus haut.

Les Indigos d'un prix moyen, comme le Saint-Domingue cuivré, suffisent pour obtenir toutes les nuances de bleu qu'on desire en teignant les soies. Les superbes Indigos, comme le Guatimalo Flore, ou le Sobre saliente, peuvent aussi s'employer pour le même objet; mais ils ne font pas un assez grand effet, & ils n'ajoutent pas assez à la beauté de la soie pour qu'on y applique des matieres aussi chères; c'est ce qui fait qu'on s'en sert peu dans toutes les teintures en soie.

Les fils & le coton filé se teignent en bleu par des procédés communs & exactement sur le même bain. On teignoit autrefois les uns & les autres à chaud; mais la teinture à froid ayant offert des avantages considérables, elle est aujourd'hui presque la seule en usage.

La disposition des cuves d'Indigo pour le fil ou le coton filé n'a en conséquence aucun rapport à celles que nous venons de décrire, ni aux cuves des Teinturiers en laines, dont nous donnerons plus bas la description. On ne pratique de fourneaux ni sous les cuves, ni dans leur voisinage. Les cuves sont composées de *bizet*, espece de pierre à fusil qu'on tire des ravines ou des rivieres, & dont on compose les murailles ou parois de la cuve: celles-ci doivent avoir au moins six pouces d'épaisseur, & tant en-dedans qu'en dehors un enduit fait avec le ciment le plus fin. La forme de ces cuves doit être un quarré de vingt pouces en tout sens, ou un quarré long de vingt pouces sur vingt-quatre. Leur profondeur est ordinairement de cinq pieds; elles ne doivent saillir hors de terre qu'à hauteur d'appui; & comme il est absolument nécessaire d'en avoir un certain nombre dans le même attelier, la commodité exige qu'on les range sur une ou plusieurs files paralleles.

Une cuve construite comme celle que je viens de décrire, peut contenir quatre muids d'eau, & on peut y établir dix-huit à vingt livres d'Indigo; mais le premier procédé qu'on

doit obſerver avant d'établir la cuve, eſt de faire macérer l'Indigo pendant huit jours dans une eau forte qu'on compoſe exprès.

Pour faire cette eau, on met dans un cuvier percé, cinq à ſix livres de ſoude d'Alicante bien battue & broyée à-peu-près comme du ciment : on y ajoute environ trois livres de chaux vive, ſur leſquelles on verſe ſept à huit pots (1) d'eau commune : on laiſſe couler le tout dans un récipient, comme toutes les leſſives ordinaires : on reverſe juſqu'à trois ou quatre fois la leſſive qu'on a obtenue, ſur la cuve, pour lui donner plus de force, & on reconnoît qu'elle eſt au degré de force convenable, lorſqu'elle eſt graſſe au toucher, ou ce qui eſt encore un ſigne plus certain, lorſqu'elle porte un œuf.

On ſe ſert ordinairement du moulin même à Indigo, pour opérer cette macération ; lorſqu'elle a eu lieu pendant l'eſpace de temps que j'ai marqué plus haut, on commence à moudre l'Indigo dans la même eau ; on en introduit de nouvelle s'il eſt neceſſaire pour le délayer avec plus d'aiſance ; &, après avoir continué la mouture pendant environ deux heures, on ſoutire le tout par un robinet placé au niveau de la premiere meule.

Il eſt temps de remplir alors la cuve d'environ trois muids & demi d'eau. Celle de riviere eſt préférable. On y introduit enſuite vingt livres de chaux vive. Lorſque la premiere effervesſence de la chaux eſt paſſée, & qu'elle eſt bien éteinte, on pallie la cuve : on y ajoute alors trente-ſix livres de couperoſe d'Angleterre, leſquelles étant bien délayées & bien fondues, on verſe l'Indigo moulu, ayant en même temps le ſoin de le paſſer à travers un tamis. On pallie la cuve ſept ou huit fois cette même journée. Après un repos de trente-ſix heures, on peut teindre deſſus.

---

(1) Terme de meſure uſité à Rouen, où j'ai particulièrement ſuivis les procédés de la teinture en coton.

Une cuve qu'on vient d'établir n'eſt jamais celle qu'on emploie pour commencer du coton ou du fil entièrement écru. Le Teinturier doit eſſentiellement avoir un certain nombre de cuves établies chacune à des époques différentes, & par conſéquent qui ſe trouvent en tout temps à différens degrés. Cette attention indiſpenſable pour le ſuccès de la teinture, met de plus le propriétaire à portée de tirer beaucoup mieux tout l'Indigo de ſes cuves; & il en faut au moins dix pour former un attelier complet.

On commence donc par paſſer le coton ou le fil écru ſur la cuve la plus baſſe ou la plus épuiſée, & on continue enſuite, en allant de cuve en cuve juſqu'à la plus forte, à moins qu'on ait obtenu avant cette cuve la nuance à laquelle on veut teindre. Ce ſont ces premieres cuves qui donnent ce qu'on appelle *le pied*, & ce ſont les dernières qui finiſſent.

Lorſqu'on a teint ſix fois ſur une cuve neuve, cette cuve ne fait plus le bleu aſſez foncé, & pour lors, de cuve neuve qu'elle s'appelloit, elle paſſe dans la ſeconde claſſe qu'on nomme *cuve à corcer*. Lorſqu'elle a ſervi encore ſix fois dans cette ſeconde claſſe, on la nomme *troiſième cuve*, puis *quatrième*, *cinquième*, juſqu'à ce que le laps de temps & la réitération des travaux en faſſe la dixième. Il réſulte delà qu'une cuve ſert environ ſoixante fois, ſix fois en qualité de neuve, ſix fois en qualité de cuve à corcer, ſix fois en qualité de troiſième, & ainſi de ſuite juſqu'à la dixième.

La quantité qu'on peut teindre avec le plus de ſuccès ſur une cuve établie de la manière ci-deſſus, eſt de trente livres de coton, & chaque pente ou poignée doit être au plus de vingt onces, ſans quoi on auroit de la peine à la tordre en une fois. Il faut que le fil ou le coton ſoit mouillé, avant d'entrer dans la premiere cuve où on commence à lui donner ſon pied; mais on ne doit pas le laiſſer dans le bain plus de cinq à ſix minutes, attendu que le coton ſur-tout prend dans cet eſpace tout le bleu dont il peut ſe charger, & ne gagneroit preſque rien à

rester plongé plus long-temps. Lorsque la teinture paroît bien prise, il faut tordre chaque pente. L'économie exige que, pour ne point perdre de bain, on torde au-dessus de la cuve, soit que cette opération se fasse à la main, soit qu'elle se fasse par le moyen d'une cheville qu'on place alors à vingt ou vingt-deux pouces au-dessus de la cuve.

Comme on commence toujours le coton ou le fil écru par une cuve basse, & presqu'épuisée, on peut y descendre en même temps, & sans inconvénient toute la quantité de coton, & toutes les pentes qu'on veut teindre en une fois. Il n'en est pas de même lorsqu'on en vient à des cuves plus garnies; il faut diminuer le nombre des pentes en raison de leur force; & lorsqu'on en vient enfin à la cuve neuve ou à la cuve à corcer, il ne faut plus y descendre qu'une pente à-la-fois. Cette pratique est fondée sur ce que le fil ou le coton passant d'abord sur une cuve presqu'épuisée, ces substances y prennent leur premiere nuance d'une maniere bien moins prompte & bien moins rapide; mais lorsqu'on vient à travailler sur des cuves plus garnies, & enfin sur des cuves tout-à-fait neuves, le coton se chargeant des parties colorantes de la maniere la plus subtile, il y auroit une inégalité considérable entre la pente qui auroit été tordue la premiere, & celle qui seroit sortie, par exemple, la dixième ou la derniere de la cuve. Or cet instant est précisément celui où on doit viser à réparer tous les défauts, loin de s'exposer à en faire de nouveaux: c'est en même temps celui où il devient sur-tout impossible de réparer l'inégalité, & on sent que le temps nécessaire pour tordre une vingtaine de pentes l'une après l'autre, est beaucoup plus que suffisant pour rendre presque chaque pente de nuance inégale.

Lorsqu'on vient de teindre sur une cuve, il faut la pallier & ne plus travailler dessus qu'on ne l'ait laissé reposer au moins vingt-quatre heures. Il faut cependant un peu moins de repos à une cuve qui commence à devenir basse. L'Indigo y étant alors en bien moindre quantité, il soutient beaucoup moins les autres drogues, & on peut teindre sur une basse cuve, même au bout

de dix-huit heures. On reconnoît d'ailleurs aisément si une cuve n'est point assez reposée, parce que le coton ne manque point dans ce cas d'amener de la boue jaune, lorsqu'on le tourne.

Lorsqu'une cuve a teint trois ou quatre fois, elle commence à s'altérer. On reconnoît cette altération, en ce que lorsqu'on la pallie, on n'apperçoit plus de veines à sa superficie ou qu'elle noircit. Ces signes ont constamment lieu, surtout lorsque la cuve est neuve, & il seroit alors impossible d'en tirer aucun parti, si on ne procédoit promptement à ce qu'on appelle *réchauffer* ou *renourrir*. Cette réparation consiste dans quatre livres de couperose verte & deux livres de chaux vive, qu'on rend à la cuve en la palliant deux fois. Lorsque la même cuve a travaillé encore trois ou quatre fois, on la renourrit de nouveau avec moitié de drogues ci-dessus : enfin on peut réchauffer ou renourrir une cuve jusqu'à quatre fois, en diminuant la dose à proportion qu'elle décheoit en force & en qualité. Dans le cas où on viendroit à la nourrir trop fort, on s'en apperçoit aisément, parce qu'alors la cuve jaunit à l'excès, & qu'en même-temps les mains des Teinturiers se remplissent de crevasses.

C'est encore l'Indigo cuivré de Saint-Domingue, mais choisi dans les qualités les plus fines, qu'on emploie pour teindre le fil & le coton. La pâte de cet Indigo étant un peu plus pesante & un peu plus foncée, elle fait beaucoup plus d'effet sur ces substances. Pour les Indigos Espagnols, & surtout l'Indigo Flore, ils sont trop légers, ils sont presque toujours des bleux clairs, & ils ne donnent jamais de bleux foncés qu'en prodiguant la matière; considération qui, jointe à celle de leur prix excessif, doit déterminer les Teinturiers de fil & de coton à les employer le moins qui leur est possible.

LES VAISSEAUX dans lesquels on teint à l'Indigo les laines & toutes les étoffes en laine, portent aussi le nom de *cuves*.

Mais, avant de détailler la maniere dont elles se composent,

il eſt eſſentiel de remarquer la différence que les Teinturiers en laine mettent entre une chaudiere & une cuve.

La première, deſtinée à recevoir l'action du feu le plus violent, eſt un vaiſſeau de cuivre portant ordinairement ſix à huit pieds de diamètre, ſur huit ou dix de profondeur, entouré d'une maçonnerie ſolide & appuyé ſur un fourneau capable de contenir une quantité de bois conſidérable.

Les cuves de teinture, ne devant point être ſoumiſe à l'action du feu, ſont compoſée de douves, entourées de grands cercles de fer, ont environ ſept pieds de profondeur, ſur cinq de diamètre, & ne ſortent de terre qu'à hauteur d'appui.

Pour toutes les couleurs, excepté celle où l'Indigo domine, c'eſt dans la chaudière que ſe font toutes les préparations de la teinture : on y plonge enſuite les laines ou les draps ; & ſi ces deux objets ſubiſſent différens procédes, c'eſt toujours en repaſſant par la chaudière.

Il n'en eſt pas de même de la teinture de l'Indigo. La chaudière ne ſert qu'à échauffer cette drogue, ainſi que toutes les autres avec leſquelles on la mêle : on les tranſvaſe enſuite dans la cuve, & c'eſt dans celle-ci que ſe fait le mêlange de toutes les drogues, ainſi que le reſte des opérations.

Pour établir une cuve de ſept pieds de profondeur ſur cinq de diamètre, on jette dans le fond, à ſec, deux balles de paſtel peſant enſemble quatre cens livres, qu'on a ſoin de diviſer avant.

On fait bouillir dans une chaudière, pendant trois heures, une quantité d'eau ſuffiſante pour remplir cette cuve, avec trente livres de vaude.

Cette infuſion faite, on y ajoute vingt livres de garence, & une corbeillée de ſon : on laiſſe encore bouillir pendant une demi-heure : on raffraîchit enſuite avec vingt ſceaux d'eau fraîche, on laiſſe raſſeoir le bain, on retire la vaude, on tranſvaſe

transſvaſe ce bain dans la cuve; enfin on fait pallier, c'eſt-à-dire remuer le paſtel avec des rables, par deux ou trois hommes, pendant tout le temps de la tranſvaſion, & même encore un quart-d'heure de plus.

Toutes ces opérations faites, on couvre bien chaudement la cuve: on la laiſſe ſix heures dans cet état, après quoi on la découvre & on la pallie; c'eſt-à-dire qu'on fait mouvoir le paſtel dans toute l'étendue du bain, pendant une demi-heure, & on en fait autant de trois heures en trois heures.

Tant que le paſtel n'eſt ni humecté ni diviſé, & qu'il reſte ſous une forme ſolide, le bain auquel toutes les autres matieres n'ont donné qu'une couleur d'un gris ſale & peu caractériſé, conſerve toujours cette même couleur, & ne préſente aucune apparence de bleu. Bientôt cependant les palliemens réitérés commençant à diviſer exactement le paſtel, & à le pénétrer d'eau, la cuve commence à entrer en travail Le premier effet qu'elle produit eſt de dégager des vapeurs âcres & légérement irritantes. A meſure que le paſtel ſe met en bouillie, ſon action augmente, & la cuve dégage des vapeurs plus fortes : elle perd ſa couleur terne, devient verte, & finit par ſe couvrir de veines bleues. C'eſt à l'enſemble de tous ces caracteres, & ſur-tout au dernier, qu'on reconnoît que la cuve eſt venue. Pour s'en aſſurer davantage, on agite avec le rable, par pluſieurs fois, le paſtel qui eſt au fond de la cuve, & on finit par le plonger bruſquement dans le bain. La cuve porte alors une fleurée, c'eſt-à-dire, une écume bleue, au lieu d'une blanche, & elle ſeroit en état de teindre d'un bleu-clair.

Le procédé qui ſuit immédiatement la venue de la cuve, eſt de lui donner ce qu'on appelle *ſon pied*, c'eſt-à-dire environ huit à neuf livres de chaux vive. Dès que cette nouvelle ſubſtance eſt introduite, on apperçoit à l'inſtant des caracteres nouveaux & frappans. La couleur de la cuve devient d'un bleu plus noir & plus foncé, ſes exhalaiſons deviennent beaucoup plus âcres; &, lorſqu'on veut approcher le nez de la partie du

rable qui a manœuvré au fond de la cuve, on ſent l'odeur la plus irritante. La chaux agit avec tant de promptitude ſur le paſtel ou la totalité du bain, que j'ai vu conſtamment la couleur changer & devenir beaucoup plus foncée aux endroits même où on venoit de la jetter.

C'eſt immédiatement après avoir mis la quantité ſuffiſante de chaux, ou même en même-temps qu'on introduit l'Indigo dans la cuve. Pour le rendre propre à garnir les cuves, on commence par le broyer dans le moulin, mais avec la moindre quantité d'eau poſſible; lorſqu'il eſt délayé en forme d'une bouillie épaiſſe; on le ſoutire par le moyen du robinet placé à la partie inférieure du moulin, & on le jette ſans autre préparation dans la cuve. La quantité d'Indigo qu'il faut mettre dans une cuve, n'eſt déterminée que par la nuance à laquelle on veut amener le drap ou la laine; & ſur une cuve compoſée dans les proportions que nous avons énoncées ci-deſſus, on peut employer, ſans inconvéniens, depuis dix juſqu'à trente livres d'Indigo.

Lorſqu'on a mis l'Indigo dans la cuve, on ne reconnoît aucun changement pour l'odeur ou la fermentation; mais ſa couleur devient toute différente. Le paſtel, lorſqu'il étoit ſeul, offroit une couleur griſâtre, avec quelques veines d'un bleu léger. Lorſque l'Indigo eſt introduit dans la cuve, la couleur devient d'un beau verd olive, ſemé de veines bleues, qui ont le caractere le plus décidé : enfin, lorſqu'on agite le fond de la cuve avec le rable, & qu'enſuite on le précipite bruſquement au fond de la cuve, comme on a vu plus haut, on obtient une fleurée du bleu le plus vif & le plus riche. C'eſt-là ce qui acheve de prouver que la cuve eſt en état; il ne s'agit plus pour teindre que de la pallier deux fois dans l'eſpace de ſix heures, afin de mêlanger parfaitement les matieres; il eſt quelquefois néceſſaire de rendre auſſi un peu de chaux, pour conſolider la fermentation.

Lorſqu'une cuve d'Indigo eſt une fois établie, on traite cette

préparation bien différemment de toutes celles qui servent aux autres couleurs. Nous avons déjà dit plus haut, que presque toutes se faisoient dans la chaudiere, & le bain étant poussé à grand feu, par le fourneau sur lequel pose la chaudiere. Ces différens bains qui se composent chaque fois qu'on veut teindre, se jettent aussi hors de la chaudiere, aussi-tôt qu'on a fini les opérations de la teinture; ou s'il y en a quelques-uns dont on conserve le résidu, c'est toujours en vuidant la chaudiere, & en les laissant refroidir dans d'autres vases qui ne sont employés qu'à cet usage.

Il n'en est pas de même des cuves d'Indigo. Comme le bain qu'on a commencé par jetter sur le pastel, avoit été échauffé à un très-grand feu dans la chaudiere, & étoit à l'état d'eau bouillante, on a soin de ne laisser la cuve exposée à l'air libre, que le temps nécessaire pour la pallier. Aussi-tôt que cette opération est finie, on ferme son ouverture le plus exactement possible, avec un grand couvercle de bois, sur lequel on étend encore d'épaisses couvertures, & on réunit tous les moyens connus pour maintenir la chaleur des fluides sans l'intermède du feu.

Mais en observant même toutes ces précautions, & d'autres semblables, on seroit bien éloigné de conserver aux cuves leur chaleur pendant huit, dix jours, & quelquefois plus, si on les établissoit dans le même emplacement que les chaudieres, c'est-à-dire dans le grand attelier de la teinture. Les chaudieres étant toujours placées sur des fourneaux qu'on pousse à grand feu, la chaleur violente qui s'excite & les vapeurs prodigieuses qui s'élevent des chaudieres mêmes, obligent à ne faire toutes ces manipulations que dans des atteliers très-vastes, qui sont des espèces de hangards, & dont le toit est pratiqué de maniere que l'air se renouvelle sans cesse par de grandes ouvertures qui ne ferment jamais. Si les cuves étoient exposées dans de pareils emplacemens, il seroit impossible pendant les rigueurs de l'hiver, & même dans toute autre saison, de leur conserver aussi long-temps la chaleur qu'elles ont une

fois reçue dans la chaudiere; l'efpèce de couvercle & les couvertures avec lefquelles on a foin de les couvrir, ne les défendroient que bien foiblement de l'impreffion de l'air extérieur qui les frapperoit fans ceffe, & il faudroit probablement ou réchauffer tous les jours, ou renoncer à la chaleur qui eft indifpenfable pour les opérations. Pour éviter tous ces inconvéniens, on établit les cuves dans un emplacement très-peu fpacieux, élevé au plus de huit à neuf pieds, plafonné, n'ayant, s'il eft poffible, qu'une ou deux fenêtres, encore de la plus petite proportion; enfin on obferve toutes les loix de la conftruction qui peuvent diminuer la circulation de l'air, & conferver la chaleur. Les emplacemens ainfi conftruits, fe nomment *Guefdres*.

Comme cependant on a befoin de faire communiquer fans ceffe les cuves & les chaudieres, on a foin d'établir le Guefdre immédiatement à côté du grand attelier de la teinture. On pratique dans le mur de féparation une ouverture fuffifante pour donner paffage à une longue rigolle de bois, dont l'une des extrémités porte fur le bord de la chaudiere, & l'autre fur celui de la cuve. Les bords de la cuve étant toujours établis au même niveau que ceux de la chaudiere, lorfqu'on veut tranfvafer le bain de l'une dans l'autre, il ne s'agit plus que de procurer de la pente en mettant un taffeau de bois, ou un tampon d'étoffe fous l'une des deux extrémités, & de puifer enfuite, foit dans la cuve, foit dans la chaudiere, avec une efpèce d'écoppe qu'on nomme *jet*, & dont le manche eft affez long pour que deux ouvriers puiffent le faire manœuvrer enfemble.

Quoique la difpofition du Guefdre favorife, autant qu'il eft poffible, le maintien de la chaleur, cette précaution & toutes les autres ne peuvent la conferver qu'un certain efpace de temps; au bout de huit ou dix jours, elle diminue fenfiblement, & elle fe diffiperoit bien-tôt en entier, fi on ne procédoit à l'opération qu'on appelle *réchauffer*.

Elle confifte à tranfvafer la plus grande partie du bain, de

la cuve dans la chaudiere, ſous laquelle ou allume un très-grand feu. Lorſque le bain a été pénétré d'une chaleur ſuffiſante, on le fait repaſſer dans la cuve de la même maniere, & lorſque la cuve eſt ce qu'on appelle *réchauffée*, on la couvre avec ſoin de la maniere indiquée ci-deſſus.

Pendant un an, & quelquefois dix-huit mois qu'on renouvelle ſans ceſſe ce procédé, les deux ſeuls ingrédiens qu'on remet ſans ceſſe dans la cuve, ſont la chaux & l'Indigo. On rend de la chaux tous les deux ou trois jours. On remet auſſi chaque fois qu'on veut teindre, une certaine quantité d'Indigo, pour réparer celui qui a été abſorbé par les étoffes précédentes; mais l'addition de ces ſubſtances n'empêche pas que la plupart des parties conſtituantes de la cuve ne ſubſiſtent & ne conſervent leur action pendant plus d'un an ſans être renouvellées.

J'ai décrit l'opération du réchaux immédiatement après avoir détaillé la maniere dont on établit les cuves, parce qu'elles ſont également en état de teindre, ſoit après le réchaux, ſoit lorſqu'elles viennent d'être établies, & qu'elles ſont dans leur plus grande nouveauté.

Il faut toujours pallier la cuve environ deux heures avant de teindre, & tâcher par-là d'y répartir le plus qu'il eſt poſſible toutes les parties colorantes; mais les palliemens, quelques fréquens qu'on les faſſe, ne ſauroient tenir les drogues dans un état de diviſion aſſez parfait, pour qu'il n'en reſte pas une bonne partie au fond de la cuve, ſous la forme de bouillie épaiſſe, & même de pâte. Le contact de ces parties feroit le plus grand tort aux laines ou aux étoffes, ſi elles venoient à y être engagées. Pour éviter donc qu'elles n'aient contact avec le fond de la cuve, qu'on appelle *la pâtée*, avant de les y plonger, on introduit ce qu'on appelle une *champagne*. Elle conſiſte dans une eſpèce de treilli formé avec des groſſes cordes, & arrêté à un cercle de bois, quelquefois de fer, portant la même diamètre que la cuve. On deſcend la champagne de trois

à quatre pieds dans la cuve, par le moyen de quatre cordes; &, quand elle eſt deſcendue à cette profondeur, on l'arrête aux bords de la cuve par quatre crochets. Par ce moyen, les laines ou les draps qu'on plonge enſuite, & qu'on abandonne dans la cuve, ne ſauroient deſcendre juſqu'au fond, & ſe trouvent ſuſpendus à une hauteur où rien ne ſauroit leur nuire.

Lorſque la cuve eſt en état ſur tous les points, & que la champagne eſt bien établie, on peut commencer à teindre les laines qu'on doit avoir ſoin de mouiller auparavant dans une eau de ſon; mais la teinture des laines exige de plus une précaution particuliere. Si on les abandonnoit dans la cuve, en même-temps qu'on les y plonge, bientôt pénétrées par l'humidité, elles tomberoient au fond, ou elles ſe confondroient avec la pâtée, malgré la champagne même, & il ſeroit impoſſible de les manœuvrer. Pour pouvoir les tenir raſſemblées, & à la portée des ouvriers, on ne ſe contente donc point de placer la champagne à l'ordinaire : on établit au-deſſus un filet à mailles très-ſerrées, ayant par le haut une évaſion de la même grandeur que celle de la cuve, & appuyé de toutes parts ſur les bords : on jette alors, ſans autre précaution, la laine dans le filet : on la remue en tous ſens avec de longs bâtons, pour lui faire prendre la teinture le plus également poſſible. Lorſqu'elle eſt à la nuance qu'on deſire, on leve le filet.

Lorſque ce ſont des draps ou autres étoffes qui ſont l'objet du travail, on établit ſeulement la champagne : on plonge enſuite les draps dans la cuve, après quoi on les fait tourner ſans ceſſe ſur eux-mêmes, par le moyen de deux petits crochets que l'ouvrier tient dans ſes deux mains, & avec leſquels tantôt il retire l'étoffe à lui, tantôt il l'enfonce; ou, ſelon le terme de l'art, il fonce les plis qui ſe trouvent à flots; c'eſt ce qui s'appelle mener en cuve. On conduit ainſi l'étoffe cinq ou ſix fois ſur elle-même, & ſouvent plus, ſelon la nuance plus ou moins foncée qu'on veut obtenir; ce qui s'appelle donner un, deux, trois bouts, &c.

Toutes les ſubſtances qu'on paſſe ſur les différentes cuves dont nous avons déjà parlé, ſortent vertes du bain, & ne paroiſſent bleues qu'après quelques momens; mais c'eſt ſur-tout à l'égard des laines & des draps, que ce phénomene a lieu de la maniere la plus remarquable. Les laines & toutes les étoffes en laine, ne préſentent abſolument aucune apparence de bleu, lorſqu'on les retire de la cuve, & ſont du verd le mieux caractériſé. Ce n'eſt qu'au bout de pluſieurs minutes, & par le contact de l'air libre, que tous ces objets commencent à ſe déverdir, & c'eſt pour accélérer ce changement, qu'on évente fortement; c'eſt-à-dire, qu'on agite pendant près d'un quart-d'heure les laines & les draps ſur le pavé de la teinture.

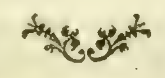
Quoqu'en retirant les draps & les laines de la cuve, on exprime, en les tordant avec un moulinet au-deſſus du bain, tout le fluide ſuperflu dont ils ſont chargés, il s'en faut bien qu'un ſeul lavage en eau courante ſuffiſe pour qu'on puiſſe en continuer les apprêts, comme dans les autres couleurs. Si on ſe contentoit de ce procédé, l'étoffe une fois fabriquée & répandue dans le commerce, déchargeroit ſans ceſſe les parties colorantes qui ſont reſtées en trop grande abondance à ſa ſuperficie: elle coloreroit juſqu'à ce qu'elle fût uſée, tous les meubles & toutes les autres étoffes avec leſquelles elle ſeroit en contact; en un mot, elle ſeroit ſujette à tant d'inconvéniens, que perſonne n'en pourroit ſoutenir l'uſage.

On obſerve donc toujours, avant de filer les laines qui ont été teintes à l'Indigo, de les battre avec de grands rateaux dans des paniers ſuſpendus au milieu d'une eau courante, & la plus fraîche poſſible. L'eau qui a filtré à travers ces paniers, & qui continue enſuite ſon cours, eſt ſi chargée d'Indigo, qu'elle change en entier la couleur de la riviere ou du ruiſſeau ſur lequel on fait cette opération, qui ſe nomme *repaumage*.

On obſerve de même, après avoir teint les draps en bleu, de les faire battre en terre pendant trente & quelquefois quarante heures dans les fouleries. L'eau, qui ſort des renflures

pendant les quinze ou vingt premières heures, eſt tout auſſi chargée de particules bleues, que celle qui ſort au repaumage des laines, & elle préſente exactement la même apparence que les cuves. Les draps noirs recevant un pied de bleu très-foncé, avant de paſſer à l'engallage, on les envoie auſſi en foulerie, lorſqu'ils ſont achevés, pour y battre en terre le même eſpace de temps que les draps bleus. L'eau qui ſort des renflures eſt d'un noir bien caractériſé; mais je me ſuis convaincu, par pluſieurs expériences, que c'etoit l'Indigo qui dépoſoit encore dans cette occaſion, bien plus que l'engallage. L'opération, que je viens de détailler à l'égard des draps noirs, eſt ce qu'on appelle *le lavage en terre.*

On emploie dans la teinture en laine toutes les différentes qualités d'Indigo ſans exception, & même toutes peuvent être employées ſans grand inconvénient aux mêmes nuances ou aux mêmes objets. L'économie preſcrit cependant de n'employer que des Indigos de Saint-Domingue, dans la teinture de toutes les étoffes deſtinées à être enſuite teintes en noir, & auxquelles le bleu ſert uniquement de pied. J'ai obſervé que ces Indigos étoient encore non-ſeulement plus économiques, mais même beaucoup plus propres à la teinture des bleus foncés, ſoit en laine, ſoit en drap, & qui doivent reſter dans cette couleur. Quant aux beaux Indigos qui nous viennent de l'Eſpagne, & qui ſont connus ſous le nom général d'*Indigo Guatimalo*, ils ſont ſans contredit les ſeuls qui aient pu procurer juſqu'à préſent ces bleus ſi vifs, & qui excitent l'admiration. Ils ſont les ſeuls qu'on ait coutume d'employer lorſqu'on veut faire des bleus en même-temps vifs & clairs; & ſi leur prix eſt preſque le double de celui des Indigos de Saint-Domingue, il eſt remarquable que ce bel Indigo, mis à partie égale dans la cuve, rapporte beaucoup plus.



ACCIDENS



ACCIDENS

Qu'éprouvent les Cuves ; & Expériences faites pour y remédier.

SI ON EXAMINE comparément la maniere de préparer l'Indigo pour la teinture des ſoies, des cotons & des laines, on remarque également dans ces trois différentes opérations, qu'on ne jette point le réſidu des cuves auſſi-tôt qu'on vient de teindre, comme cela ſe pratique dans preſque toutes les autres couleurs; qu'on conſerve, au contraire avec ſoin, le fond de la cuve, & qu'on ne fait, pendant un certain eſpace de temps, que réparer le vuide produit par l'Introduction des ſoies, des cotons, &c. Cette particularité eſt fondée ſur un caractère qui diſtingue l'Indigo lui-même de toutes les autres ſubſtances employées dans la teinture; c'eſt-à-dire, ſur ce que lui ſeul eſt ſuſceptible de fermentation, & même de ſe développer d'autant mieux, que cette fermentation eſt plus ſoutenue. C'eſt ſans doute cette propriété qui a obligé, dans chaque genre de teinture, à traiter cette drogue par des vaiſſeaux & des procédés particuliers; c'eſt probablement auſſi à ces mêmes caracteres qu'on doit attribuer les différens accidens qu'on éprouve dans ſon emploi, & dont le détail fera le ſujet de cette troiſieme Partie.

Les cuves des Teinturiers en ſoie tombent quelquefois, comme nous l'avons dit plus haut, dans une eſpèce de défaillance; mais il n'eſt pas difficile de réparer ce vice qui ne provient ordinairement que de ce que la cuve a été ou négligée ou trop fatiguée. Pour la faire revivre, on compoſe un brevet bouilli avec du ſon lavé: on y ajoute une demi once

de ſublimé corroſif, une once de ſucre candi, quatre onces de cendre gravelée, & une once de garence. On emploie, de plus, tous les procédés énoncés à l'article de la teinture en ſoie, pour dégraiſſer, & on braſſe avec ſoin la cuve lorſque le mêlange eſt fait. Au bout de quelques heures, on voit la cuve donner tous les ſymptômes d'un état parfait, tels que la fleurée, les veines bleues & un beau verd, lorſque l'on ſouffle ſur la ſuperficie du bain.

Les cuves des Teinturiers en fil & coton manquent quelquefois de produire leurs effets ordinaires, & paroiſſent tournées; mais c'eſt plutôt parce qu'elles n'ont pas été bien établies d'abord, que par ce qu'on peut appeller accident. L'ignorance faiſoit autrefois attribuer leur mauvais ſuccès à d'autres cauſes, comme à l'odeur qu'exhalent certaines perſonnes, à la mauvaiſe haleine, & autres choſes ſemblables; mais l'expérience a démontré l'abſurdité de ces conjectures, & on n'attribue plus leur mauvais ſuccès qu'aux mauvaiſes manœuvres qui ont dû précéder.

Les accidens qu'on éprouve dans la teinture en laine, ſont bien plus graves, bien plus fréquens, & tiennent à des cauſes infiniment plus compliquées; auſſi ce ſeront les expériences que j'ai faites à ce ſujet, qui occuperont le reſte de cet Ouvrage. J'eſpère qu'on me pardonnera les longs détails qu'elles pourront entraîner ſi elles indiquent les cauſes & le remède d'accidens qui déſeſperent depuis tant d'années les Artiſtes.

Quoiqu'une cuve ait été établie avec toute la précaution poſſible, qu'elle ſoit parfaitement venue, & qu'elle ait déjà donné les plus belles nuances de bleu, il arrive ſouvent que le Gueſdron, en découvrant cette même cuve, la trouve noire, ſans aucune apparence de veines bleues, ſans fleurée. S'il la pallie pour en découvrir le pied, au lieu de voir le bain prendre la couleur d'un j'aune doré, & les veines ſerpenter à la ſuperficie, il n'apperçoit toujours qu'une couleur d'un noir de plus en plus foncé; il ne peut obtenir de fleurée, quoiqu'il heurte

à coup redoublés, & l'odeur du bain, au lieu de tirer ſur le doux comme lorſque la cuve eſt en bon état, affecte au contraire l'odorat de la maniere la plus piquante & la plus âcre. Si on eſſaie de teindre ſur une cuve qui offre tous ces caractères, l'étoffe ou reſte entièrement blanche, & ne prend aucune couleur, ou ſort d'un gris ſale, terreux & mal uni. Les Teinturiers donnent à ces ſortes de cuves le nom de *cuves roides* ou *rebutées*.

Mais l'accident qui les alarme encore plus, & qui juſqu'à ce ce jour a fait le déſeſpoir des meilleurs Artiſtes, eſt celui dans lequel la cuve la plus vigoureuſe change tout-à-coup de face, & pour ainſi dire de nature, paſſe du bleu le plus vif à la couleur de leſſive, exhale l'odeur la plus fœtide, & ne fait que devenir de plus en plus infecte à meſure qu'on la pallie. Si on riſque de plonger quelqu'étoffe dans une cuve exactement réduite à cet état, elle ne prend aucune eſpèce de nuance, & elle ſort exactement telle que ſi on l'eût plongée dans de l'eau pure. Il ne faut pas s'étonner ſi d'après des ſymptômes auſſi effrayans, & ſur-tout d'après l'odeur terrible que ces ſortes de cuves exhalent, les Teinturiers ſe ſont déſeſpérés toutes les fois qu'ils ont éprouvé cet accident, & s'il ont regardé comme impoſſible d'en tirer aucun parti. M. Hellot lui-même, dans ſon Art de la teinture, paroît avoir regardé ces cuves comme perdues ſans reſſources, & il dit que, vu leurs exalaiſons fœtidiſſimes, on doit ſe hâter de les jetter à la riviere.

Quoique la déciſion d'un Savant auſſi reſpectable, & le cri commun de tous les Artiſtes, m'ôtaſſent preſque toute eſpérance de remédier à ces cruels accidens, j'ai cru devoir au moins tenter d'en découvrir les cauſes; mais la difficulté de faire les expériences elles-mêmes, étoit preſque égale. Les expériences en grand qui applaniſſent tous les autres travaux, & qu'on ſe trouve heureux d'avoir à ſa portée, ne faiſoient ici que rendre tout plus épineux, & étoient même impraticables. Le volume prodigieux des grandes cuves, laquantité de drogues de même genre qu'il faudroit y introduire, pour y produire révolution,

enfin la perte énorme qui résulteroit en sacrifiant de propos délibéré de grandes cuves garnies d'Indigo, toutes ces différentes considérations rendent comme impossible de faire des expériences sur de grandes cuves, & M. Hellot paroît aussi l'avoir reconnu, puisqu'il s'est donné les plus grandes peines pour faire venir une cuve en diminutif; mais ses travaux à cet égard, n'étoient encore rien moins qu'encourageans. Ce Savant, après une multitude de tentatives inutiles, n'a pu réussir à faire venir une cuve de la grandeur d'un tonneau, qu'en l'introduisant elle même dans une grande chaudiere de cuivre remplie d'eau, qu'il entretenoit toujours à demi-bouillante. On se doute bien que l'inégalité de la chaleur, la dépense, & les autres inconvéniens sans nombre de cet appareil, n'ont pas tardé à y faire renoncer M. Hellot, qui a effectivement jetté cette cuve au bout de trois ou quatre jours.

Quoique tous les Teinturiers me confirmassent comme impossible de faire venir une cuve d'un si petit volume, sans s'écarter des procédés ordinaires, & m'en portassent presque le défi, je crus appercevoir que M. Hellot, au milieu de toutes ses tentatives, avoit manqué le point essentiel à observer, savoir le nombre d'heures & le degré précis de chaleur auquel les grandes cuves ne manquent presque jamais de porter bleu. Ayant reconnu par des observations suivies dans différentes saisons, & par les thermomètres les plus exacts, qu'une grande cuve portoit toujours bleu, sur-tout l'été, au bout de seize heures, & la chaleur du bain étant au cinquante-cinquieme degré du thermomètre de Réaumur, je me flattai d'obtenir les memes effets sur une petite cuve, dès le moment où je pourrois réussir à conserver ce degré de chaleur pendant le même espace de temps, ou même plus long-temps.

Les fluides, comme tout le monde sait, conservant leur chaleur infiniment plus long-temps, sous un grand que sous un petit volume, le seul moyen de réussir, étoit d'excéder de beaucoup les précautions qu'on prend pour entretenir la chaleur dans les grandes cuves. J'ai donc fait construire une cuve

de la même grandeur que celle de M. Hellot, mais avec des douves de bois de chêne, portant dans toutes leurs parties deux pouces d'épaiſſeur. J'y ai fait adapter un couvercle de planches encore plus épaiſſes, & j'ai fait pratiquer dans toute ſa circonférence, une rainure d'environ un pouce de profondeur, pour qu'il fermât hermétiquement la cuve. Celle-ci, outre tous ſes autres déſavantages, ayant encore celui de ne point être enterrée, j'ai tâché de compenſer cet inconvénient, en aſſujétiſſant tout au tour d'épaiſſes couvertures de laines repliées en ſix; j'en ai diſpoſé de la même nature & de même épaiſſeur, pour être adaptées ſur le couvercle lui-même, lorſque le premier bain ſeroit ravalé.

Ayant enſuite reconnu par pluſieurs expériences que les quantités qui pourroient répondre à celles du travail en grand, & me donner les mêmes effets, ſeroient.

Trente livres..........de Paſtel.

Deux livres..........de Gériſſe.

Deux livres..........de Garence.

..... Quatre onces....de Son.

J'ai fait broyer beaucoup plus menu que de coutume, les trente livres de Paſtel. J'ai rempli d'eau commune deux grandes baſſines, dont les capacités réunies formoient à-peu-près celle de ma cuve, j'ai partagé ma Gériſſe en deux parties égales, que j'ai bottelées, & j'ai mis une moitié dans chaque baſſine. Une heure après que cette infuſion étoit ſur le feu, & lorſqu'elle a commencé à jetter de gros bouillons, j'ai partagé entre mes deux baſſines deux livres de Garence commune, & environ quatre onces de Son. J'ai laiſſé bouillir le tout une demi-heure. Lorſque la Garence m'a paru bien diſſoute, & que les bouillons ont commencé à ſortir des baſſines, j'ai raſfraîchi chacune avec un ſceau d'eau; alors j'ai jetté mon Paſtel le plus diviſé qu'il m'a été poſſible au fond de la cuve; enſuite

j'ai ravalé ; c'eſt-à-dire, fait paſſer dans la cuve le bain contenu dans les baſſines, & j'ai pallié pendant tout le temps de la tranſvaſion : il étoit alors quatre heures après midi : la température extérieure, & qui différoit très-peu de celle de mon laboratoire, étoit à douze degrés ; & la chaleur du bain dans lequel j'ai plongé un thermomètre de mercure, étoit environ à ſoixante-dix. J'ai recouvert alors ma cuve avec le couvercle & les couvertures dont j'ai parlé plus haut, & je ne l'ai viſitée qu'au bout de quatre heures. Après cet intervalle, je l'ai palliée, ſelon les régles de la teinture en grand, & j'ai continué enſuite à pallier de quatre heures en quatre heures, juſqu'au lendemain midi. Elle n'étoit pas encore venue à ce palliement ; mais l'ayant viſitée de nouveaux deux heures après, & ayant heurté deſſus, j'ai vu qu'elle portoit le plus beau bleu. Pour m'en aſſurer de plus en plus, j'y ai plongé un petit échantillon ; il eſt ſorti du bleu le plus caractériſé que puiſſe donner le Paſtel. Ayant plongé au même moment dans la cuve, un thermomètre de mercure, j'ai eu cinquante-trois degrés, c'eſt-à-dire, le degré de chaleur que donnent très-ſouvent les grandes cuves elles-mêmes, à pareille époque, & ſeulement deux degrés de moins que je n'ai énoncé plus haut. Si on calcule de même le temps de ſa venue, on verra qu'elle n'a guere excédé que de deux heures le terme que j'ai donné pour le plus commun dans la venue des grandes cuves, & on conviendra qu'il eſt difficile d'obtenir un rapport plus exact ſur des points qui d'ailleurs ne ſont jamais conſtans ni rigoureux de part & d'autre.

Reconnoiſſant de plus en plus, pendant le palliement, que ma petite cuve étoit parfaitement venue, je lui ai donné deux livres de chaux vive tamiſée, ſelon le procédé ordinaire & ſelon la proportion qui m'a paru la plus convenable. Je l'ai laiſſé enſuite repoſer ſix heures. Après cet intervalle, j'ai completté l'établiſſement de ma cuve en y mettant deux livres d'Indigo, ſelon la proportion qui me paroiſſoit encore la plus exacte, vu la différence de volume, & je lui ai rendu en

même-temps une livre de chaux. Cette cuve ſur laquelle j'ai teint le lendemain un morceau d'étoffe dans le bleu le plus foncé & le plus nourri, ne me permettant plus de douter de ſa parfaite réuſſite, je me ſuis mis en devoir d'en établir deux autres pendant la même ſemaine, & elles ont eu toutes le même ſuccès.

Je devois ſans doute, avant de rendre compte d'aucune expérience, expoſer celle qui m'a ſervi de baſe pour toutes les autres. J'ai cru même devoir entrer dans un détail d'autant plus exact, qu'elle n'avoit pu réuſſir à un homme de la plus juſte célébrité dans les Sciences; qu'elle n'auroit pas été tentée davantage par les Artiſtes qui la regardoient comme impoſſible, & que ſon ſuccès étant au contraire bien conſtatée, elle mettra tous les Savans à portée d'obſerver de nouveau, dans leurs laboratoires, les phénomènes de cette partie de la teinture.

Après avoir gouverné ma premiere cuve pendant environ huit jours ſans accident, l'avoir réchauffée, & avoir teint deſſus pluſieurs fois, comme je ne pouvois plus douter qu'elle ne fût dans le rapport le plus exact ſur tous les points avec mes grandes cuves, j'ai tenté d'en déranger l'équilibre en y jettant d'abord un excès de chaux. Quoique je lui en euſſe donné une livre en la palliant la veille au ſoir, je lui en ai encore rendu une livre & demi le lendemain matin, & je ne l'ai plus palliée de la journée. Lorſque je l'ai découverte le lendemain, j'ai trouvé la belle couleur du bain changée en un noir foncé: ſon odeur étoit abſolument celle de la chaux, & quoiqu'elle portât encore une fleurée bleue, elle ne teignoit nullement les mains; y ayant plongé un morceau d'étoffe, qui la veille auroit été teint du plus beau bleu au bout de ſept ou huit minutes, je ne l'ai retiré que d'un bleu pâle, terne, & mal égal, après l'y avoir laiſſé ſéjourner pendant quatre heures: tous ces ſymptômes, comme je l'ai dit plus haut, ſont ceux qui prouvent infailliblement qu'une cuve eſt roide ou rebutée. J'ai pris alors le parti de la réchauffer; mais elle

eſt reſtée dans le même état pendant quatre jours conſécutifs. Je l'ai réchauffée de nouveau après cet intervalle. La cuve qui donnoit encore une fleurée légere avant ce ſecond réchaux, & portoit encore bleu, a ceſſé d'en donner alors le moindre veſtige; ſon odeur eſt devenue plus mordante que jamais, ſa couleur plus noire, & elle paroiſſoit ne devoir plus jamais rendre aucun effet. Je l'ai laiſſée deux jours dans cette état & ſans lui donner aucun mouvement; lorſque je l'ai découverte, le troiſieme jour, & que j'ai commencé à heurter deſſus, j'ai vu auſſi-tôt une fleurée bien caractériſée, paroître à la ſuperficie du bain; la fleurée s'eſt ſoutenue ſans interruption, & avec les mêmes caracteres pendant trois jours, que je l'ai laiſſée encore ſans la réchauffer. Je l'ai enfin miſe ſur le feu le quatrieme jour, bien perſuadé qu'elle reprendroit alors tout ſon éclat, & & feroit reparoître ſon Indigo. J'ai effectivement apperçu un changement rapide, même en ravalant, & encore plus lorſque j'ai eu tranſvaſé tout le bain. La fleurée ne différoit en aucune façon de celle d'une cuve dans ſa plus grande force; les veines d'Indigo commençoient à couvrir la ſuperficie de la cuve, dès le temps même du palliement; & lui ayant laiſſé quelques heures de repos, j'ai teint deſſus un morceau d'étoffe, dans une nuance tout auſſi foncée qu'auparavant, ſans y avoir cependant remis la moindre particule d'Indigo.

Ce changement ſi complet & ſi flatteur, je ne l'ai obtenu, comme on voit, par aucune recette particuliere, ni par aucun brevet compliqué, mais uniquement en redoublant les réchaux, & remettant pluſieurs fois de ſuite le bain ſur le feu, en tout ou en partie. On ſera peut-être bien ſurpris maintenant d'apprendre que les Teinturiers regardent cependant le réchaux, en pareil cas, comme la perte totale des cuves, & comme le procédé qu'on doit fuir avec le plus de ſoin. Toujours troublés lorſqu'ils éprouvent quelqu'accident de cette nature, la plupart, ou n'ont jamais tenté de réchauffer alors la cuve, & encore moins de redoubler les réchaux, ou frappés de

de ce que le défaſtre paroiſſoit redoubler à meſure qu'ils réchauffoient; de ce que la fleurée, les veines bleues, la bonne odeur de la cuve, paroiſſoient ſe diſſiper de plus en plus, à meſure qu'ils réitéroient les réchaux, comme je l'ai éprouvé moi-même; frappés, dis-je, de toutes ces apparences, ils ont cru, & toujours publié depuis, que le réchaux étoit, pour ainſi dire, l'extinction totale des cuves une fois rebutées. Pour moi, j'ai penſé, dès le commencement de cette expérience, que ſi le réchaux rendoit la couleur de la cuve plus noire, ſes vapeurs plus âcres & plus mordantes, c'eſt qu'il augmentoit conſidérablement la fermentation des parties; c'eſt à ce redoublement de fermentation que j'ai cru devoir attribuer la perte de la fleurée, des veines, & tout le déſordre apparent; mais j'ai conjecturé en même-temps, que rien n'étoit plus propre qu'une telle fermentation, pour ronger l'excès de la chaux, qui étoit viſiblement la cauſe du mal, & j'en ai eu la démonſtration la plus complète, puiſque, dans l'expérience précédente, les réchaux réitérés ont rétabli, pour ainſi dire, la ſaturation exacte qui doit toujours exiſter entre la chaux & les autres parties de la cuve.

Voulant pouſſer cette expérience encore plus loin, & reconnoître de plus en plus la vérité de ces conjectures, j'ai choiſi une ſeconde cuve établie avec le même ſuccès que la précédente, & dans ſa pleine force. Quoiqu'elle fût par conſéquent bien pourvue de chaux, je lui en ai encore donné la valeur de huit livres. On ſe doute bien de la prodigieuſe révolution qu'une pareille doſe a produite dans la cuve; en moins de quelques heures, elle ne portoit plus ni fleurée, ni apparence de bleu. L'extérieur du bain étoit même bien autrement dénaturé que dans la derniere expérience; au-lieu d'une couleur noire, il n'avoit que celle d'une eau limoneuſe, & d'une eſpece de boue. L'odeur qui, dans l'autre cuve rebutée, étoit âcre & irritante, étoit ici d'une fœtidité inexprimable, & plutôt fade que mordante. Tant de caracteres rebutans ne me firent point déſeſpérer. Je commençai, ſelon

mon principe, par réchauffer. Je ne fis, par ce premier réchaux, qu'augmenter le cendré de la couleur & la puanteur du bain. Je réchauffai encore six jours après; j'eus toujours les mêmes symptômes, & je remarquai sur-tout qu'il m'étoit impossible, en heurtant, d'obtenir une fleurée, même analogue à la couleur du bain. Je ne la réchauffai plus que douze jours après, & je ne reconnus encore aucune différence lors du ravalement (instant d'ailleurs où le bain est toujours le plus trouble); mais quelques heures après, & lorsque la cuve commença à se refroidir, j'apperçus un commencement de fleurée en heurtant dessus. Cette fleurée, ou plutôt cette écume, étoit grise, & avoit encore très-peu de tenue. Je la laissai encore quinze jours en repos; mais je la visitai fréquemment pendant cet intervalle; &, à mesure que le temps avançoit, je m'apperçus que la fleurée commençoit peu-à-peu à bleuir. L'ayant enfin réchauffé pour la quatrieme fois, j'ai vu une fleurée du plus beau bleu se manifester dès l'instant même du ravallement, les veines & la couleur jaune que doit avoir une cuve en bon état, n'ont pas tardé à reparoître; &, au bout de quelques heures, il ne lui manquoit plus aucun des caracteres qu'offrent les cuves qui n'ont jamais rien essuyé.

On se doute bien que je ne donne point cette derniere expérience comme une chose qui doive être répétée par les Artistes, mais uniquement comme une preuve encore plus complette de la théorie que j'ai donnée plus haut. J'espere donc qu'ils reconnoîtront avec moi les véritables effets du réchaux en pareil cas, & qu'ils renonceront sur-tout à tant de procédés & de brevets, ou qui n'operent rien, ou qui peuvent produire un désordre beaucoup plus réel dans les cuves.

MON PRINCIPAL BUT dans l'établissement de ces petites cuves, étant d'observer, avec la plus grande précision, ce phénomène encore bien plus frappant, que les Teinturiers appellent *putréfaction* ou *perte totale des cuves*, j'en ai consacré plusieurs à cet important objet. Le premier pas dans de pareilles recher-

ches, étant de connoître les causes du mal, & de les connoître au point de savoir le produire, j'ai cherché à faire tourner une de mes petites cuves, en y jettant d'abord séparément tous les agens chimiques. Les alkalis, loin de l'altérer & d'y produire aucun effet fâcheux, m'ont paru en ranimer toutes les parties, & cela en raison de l'analogie dont j'ai parlé en rendant compte de mon analyse. Tous les acides m'ont paru y faire peu d'effet, si on excepte cependant l'acide vitriolique. Celui-ci n'y fait pas plus d'effet que les autres à l'extérieur, & quant à la putréfaction de la cuve; mais il arrête singulièrement les opérations de la teinture; il empêche l'étoffe de verdir, & par conséquent de prendre ensuite une nuance de bleu égale & décidée.

Ne trouvant d'abord aucune recette ni aucun brevet avec lequel je pusse réussir à faire tourner mes cuves, & ayant d'ailleurs l'expérience journaliere que les grandes cuves tournent sans aucune addition, j'ai tâché d'obtenir aussi cet effet par le jeu des substances seules qui les composent. J'avois reconnu par les expériences précédentes, que l'action si simple en elle-même, de réchauffer, avoit une influence étonnante sur les cuves, & qu'elle étoit leur salut lorsqu'elles étoient rebutées. Ce procédé, comme je l'ai démontré, n'ayant d'effet que par l'espèce d'épuisement qu'il procure, je soupçonnai que, poussé encore plus loin, il contribueroit peut-être également à leur perte. Je laissai donc d'abord une de mes petites cuves que je venois de réchauffer, sans lui rendre ni chaux ni Indigo; je m'apperçus qu'elle devenoit extrêmement jaune, & de plus en plus à doux. Sans attendre qu'elle fût refroidie, je la remis sur le feu, & je la réchauffai à fond. Je m'apperçus d'abord, & comme je m'y attendois, que le réchaux avoit ranimé toutes ses parties. Sa couleur étoit devenue plus brune, son odeur plus montante : la fleurée & les veines étoient au plus haut degré de beauté. Il étoit environ huit heures du soir lorsque je ravalai; je crus devoir pallier un peu plus long-temps que de coutume; mais je recouvris encore la cuve sans

lui rendre ni chaux ni Indigo, & je l'abandonnai à elle-même toute la nuit. Comme j'avois pallié cette cuve, & heurté dessus fort long-temps, je l'avois laissé couverte de la plus épaisse fleurée. Lorsque je revins la voir le lendemain matin, je trouvai encore toute la fleurée de la veille à la superficie du bain, mais lorsque je heurtai dessus, la cuve ne me donna plus qu'une légere écume grisâtre; ce que les Teinturiers appellent *crêmer*. Je me mis à pallier, mais le bain ne m'offroit plus de veines; sa couleur étoit d'un jaune blanchâtre; son odeur devenoit fœtide, & je remarquai sur-tout avec le plus grand étonnement, que la belle fleurée obtenue la veille, sembloit se ronger, & disparoissoit à mesure que je continuois à pallier. Observant toujours constamment cette même cuve, j'ai vu disparoitre jusqu'à la moindre particule de bleu; & en moins d'une demi-heure, la fœtidité qui ne se manifestoit pas avant, s'est accrue à un degré inexprimable.

Tant de caracteres & aussi conformes à ceux que j'ai détaillés plus haut, me prouvoient bien clairement que j'avois réussi à tourner complétement ma cuve, & que si le réchaux avoit paru la ranimer d'abord, ce n'avoit été que pour le plus court intervalle. J'ai tenté alors différentes expériences qui m'en ont convaincu de plus en plus. J'y ai plongé un morceau d'étoffe que j'avois mouillé auparavant dans de l'eau chaude pour le rendre plus facile à teindre, & je l'ai mené en cuve un temps considérable. Je l'ai retiré après ce temps sans aucun vestige de bleu, mais seulement un peu roussi.

Soupçonnant que la cuve étoit alors dans une espèce d'état dévorant, j'y ai plongé un morceau d'etoffe déjà teint dans un bleu foncé; en moins de deux heures, l'echantillon étoit tombé de dix nuances. Un morceau de toile bleue y ayant séjourné l'espace de douze heures, il en est sorti entièrement déteint; & cette cuve, qui auroit produit quelques heures plutôt le bleu le plus riche, étoit alors l'intermède le plus propre à corroder cette couleur.

J'ai fait une dernière expérience qui prouve encore mieux la rapidité avec laquelle la cuve absorbe & décompose tout ce qu'on lui offre, lorsqu'elle est dans cet état. J'avois observé plus d'une fois que le bain d'une cuve non altérée pénétroit le tissu animal à un point singulier, que si on plongeoit la main dans cette cuve, non-seulement la peau, mais même les ongles étoient aussi-tôt imprégnés de teinture, au point que le savon, le son, les cendres mêmes, ne pouvoient leur faire perdre sur-le champ la couleur; & ce n'est, en effet, que par des lotions réitérées qu'on y parvient. Ayant sous les yeux deux cuves, dont l'une étoit dans sa plus grande vigueur, & l'autre dans cet état de putréfaction complète, j'ai plongé les mains dans la premiere, & les y ai laissé tout le temps nécessaire pour qu'elles prissent le plus grand degré de bleu possible. Je les ai plongé ensuite dans la cuve putréfiée; en moins de quelques secondes toute la couleur de mes mains a disparu.

Quelques Guesdrons se sont imaginés, de loin en loin, de rendre alors de l'Indigo à la cuve, & se sont flattés, par-là, de lui restituer sa couleur bleue; mais on se doute bien que la cuve n'en a fait que ronger davantage. L'inutilité de ce procédé a donc achevé d'accréditer de plus en plus l'idée où l'on a été, de tous les temps & dans tous les atteliers, qu'une cuve réduite à cet état étoit putréfiée; c'est-à-dire, selon les Artistes, perdue sans ressources; &, comme on voyoit toujours la fœtidité de ces cuves s'accroître de plus en plus, on a cru ne pouvoir trop se hâter de les jetter à la riviere. J'ai ouï dire maintes fois, que des Teinturies gagés, craignant de perdre leurs places, lorsqu'ils avoient eu le malheur de laisser tomber une cuve dans cet état, avoient emprunté, ou pris sur leur propre fortune, de quoi rétablir ces cuves qu'ils jettoient en secret. J'ai vu moi-même des propriétaires de teinture, perdre jusqu'à dix mille livres dans une seule année, par une suite de cuves qui leur avoient présenté ces caractères, & qu'ils s'étoient cru, en conséquence, obligés de jetter à la

riviere : enfin j'ai connu un Artiste infortuné, qui a été réduit à faillir, & même à la mendicité, par la perte de quatre cuves consécutives.

Il est sans doute bien intéressant de pouvoir annoncer que c'est le préjugé, & le préjugé seul, qui est encore la cause de ces malheurs, que les Artistes se sont encore laissé abuser par les apparences, & que ces cuves qu'ils ont toujours cru absolument perdues, contiennent encore sans aucune altération toutes les parties colorantes, & sont toutes prêtes à les restituer. Cette assertion paroîtra sans doute bien hardie au premier aspect; je sais même que les Artistes ont une autorité respectable pour se couvrir, & qu'un grand homme a partagé leur opinion; mais je crois avoir à leur opposer tout ce que l'expérience a de plus fort, & j'espere qu'il en sera de ce préjugé comme de tant d'autres de la plus grande importance, qui ne sont que d'être dévoilés.

D'après les moyens que j'avois employés pour faire tourner ma petite cuve, tous les états par lesquels elle a passé ensuite, loin de me paroître un désordre, m'ont paru une suite des loix de la Nature même, & ils ont cessé de me causer aucun étonnement. J'avois excité par des réchaux réitérés une fermentation & un travail excessif entre toutes ses parties. J'avois en même temps retiré la seule substance qui soutenoit l'activité & l'union entre elles; le pastel, & sur-tout l'Indigo étant deux substances qui ont déjà passé par la fermentation spiritueuse & la fermentation acide, il étoit nécessaire qu'elles subissent alors l'une & l'autre la fermentation putride, & on ne peut disconvenir que tous les symptômes d'une cuve perdue, ne se rapportent exactement avec ceux de cette derniere fermentation.

Celle-ci est encore, à la vérité, celle de toutes qu'il est plus difficile d'arrêter dans ses effets; elle est ordinairement l'annonce sûre, & le moyen de destruction de tous les corps; mais connoissant aussi-bien les causes qui l'avoient amenée,

& en ayant ſuivi tous les progrès, je me flattai d'y remédier, ſi je ne pouvois trouver un anti-putride aſſez puiſſant. Après les avoir épuiſé tous, j'ai reconnu que la ſubſtance la plus commune de toutes, la plus connue des Teinturiers, & la plus connue des Gueſdrons même, étoit la ſeule qui pût faire effet en changeant, à la vérité, de beaucoup les doſes ordinaires. C'eſt la chaux dont j'ai déjà parlé tant de fois, qui m'a rendu ces effets ſi précieux dont je vais donner le détail; &, après avoir une fois ſurmonté tous les caracteres rebutans de ma petite cuve, je n'ai fait autre choſe qu'excéder de beaucoup les proportions qui ſervent ordinairement de régle.

J'ai donc jetté dans la petite cuve dont j'ai toujours parlé juſqu'à préſent, environ huit livres de chaux, & j'ai pallié auſſi long-temps que ſon odeur ſuffoquante me l'a permis. J'ai quitté auſſi-tôt mon laboratoire, où il m'étoit impoſſible de tenir, & je n'y ſuis rentré que quatre heures après. Je trouvai en rentrant l'odeur diſſipée, non-ſeulement de mon laboratoire, mais de ma cuve même. Quoique je l'aie pallié pour lors très-long-temps, je ne lui ai plus trouvé que l'odeur d'une cuve à doux, mais elle ne donnoit toujours aucune fleurée. L'ayant viſitée de nouveau deux heures après, la fleurée bleue a commencé à ſe manifeſter, & le lendemain matin la cuve s'en eſt couvert, lorſque j'ai pallié. Elle avoit donc tous les dehors d'une cuve parfaitement rétablie; mais j'avoue qu'elle n'a pas tardé à noircir & à me donner tous les caracteres de la roideur, ſans même la réchauffer. Cette prodigieuſe quantité de chaux bien propre à la vérité à produire, & même d'une maniere ſubite, le premier effet que je deſirois, a jetté la cuve dans un autre inconvénient; j'ai donc tenté d'obtenir un rapport plus exact dans une nouvelle expérience.

Ayant encore une cuve entièrement tournée, ſans fleurée, ſans aucune veine, ne faiſant que crêmer lorſque je la heurtois, & ne donnant plus aucune apparence de bleu, je lui ai donné d'abord deux livres de chaux. Je l'ai découverte au bout

de deux heures. Je n'avois aucun changement. Étant revenu deux heures après, je n'apperçus encore aucune différence. La cuve étoit toujours fœtide, sans fleurée, & crémoit même encore; je pris alors le parti de jetter une livre de chaux. Au bout de quelques minutes, l'écume prit un peu de consistence, la fleurée reparut de plus en plus : enfin, ayant donné encore huit onces de chaux, la fleurée eut une consistance décidée, & le goût de la cuve, qui étoit auparavant de la plus grande fœtidité, prit beaucoup de montant. Je la laissai dans cet état toute la nuit, & je ne la vins visiter que le lendemain matin; mais je m'apperçus qu'elle étoit encore devenue un peu roide, & que j'avois encore un peu excédé la quantité de chaux qui étoit nécessaire à la cuve. L'ayant abandonné pendant quatre jours, je m'apperçus qu'elle commençoit à revenir à doux, & à porter un peu de fleurée, quoiqu'extrêmement froide. Je jugeai qu'il étoit temps alors de la remettre sur le feu. Pendant qu'elle se réchauffoit, & beaucoup plus encore lorsqu'elle fut ravalée, la fleurée reparut avec le meilleur caractere; l'odeur n'étoit que celle d'une cuve en bon état; &, quoique sa couleur fût encore très-brune, je jugeai qu'elle seroit bientôt en état de travailler. En effet, après lui avoir encore donné deux palliemens, & laissé rasseoir la pâtée, j'y ai plongé une aune d'étoffe, & l'ai mené en cuve l'espace de dix minutes: elle est sortie du plus beau verd, & après avoir été éventée, j'ai eu un bleu vif & bien tranché. Je lui ai donné un second bout, pendant environ le même espace de temps. J'ai eu encore le plus beau verd en levant l'étoffe hors de la cuve, & après l'évent, un bleu également vif & foncé, qui s'est très-bien soutenu au lavage. Six heures après avoir fait ainsi travailler cette cuve, je lui ai donné une demi-livre de chaux: elle a toujours continué à donner les meilleurs caractères, & même elle a quitté, petit-à-petit, sa couleur noire qu'elle affectoit encore immédiatement après ce dernier réchaux. Trois jours après, quoique sa couleur fût presqu'entièrement tombée, elle étoit plus belle que jamais, d'un beau jeaune, & couverte de veines bleues.

J'ai dit,

J'ai dit, dans le commencement de cet article, que je n'avois pu réussir à faire tourner aucune de mes petites cuves, en y jettant les différens acides, ou les différens alkalis séparément; mais ayant composé quelque temps après un brevet avec six onces d'huile de vitriol, une once de potasse, une demi-once de borax, & une once d'Indigo, j'ai reconnu que ce brevet avoit la vertu de faire tourner mes cuves presqu'à l'instant. J'ai profité aussi-tôt de l'action rapide de ce mêlange, pour essayer de faire tourner & de reproduire un plus grand nombre de cuves en peu de temps.

La premiere cuve sur laquelle j'ai fait cet essai, étoit plutôt un peu roide que disposée à s'affoiblir. Aussi-tôt que j'ai eu jetté le mêlange, il s'est excité dans la cuve une violente effervescense. Une fleurée grisâtre s'est formée à la superficie, & est devenue à l'instant si abondante, qu'elle débordoit presque la cuve. Lorsque cette grande effervescence a été calmée, j'ai pallié fortement ma cuve, & j'en ai considéré attentivement le fond. La couleur qui, avant le nouveau mêlange, étoit d'un noir brun, comme l'est toujours celle d'une cuve roide, avoit pris, en moins de quatre ou cinq minutes, une nuance jaune semblable à celle des cuves qui sont le plus en état. L'odeur roide & âcre de la chaux s'est dissipée avec la même promptitude, & a fait place à celle des cuves que l'on nomme *à doux*. Il étoit alors six heures du soir; j'ai recouvert ma cuve jusqu'à huit. Lorsque je suis venu la revoir, j'ai trouvé que dans, cet espace de temps si court, elle s'étoit presqu'entiérement tournée; elle jettoit déjà l'odeur la plus fœtide; elle crémoit fortement, ne donnoit plus aucune fleurée, & ne donnoit qu'un gris-sale à l'étoffe: je lui ai donné deux livres de chaux pour l'arrêter, & le lendemain matin encore une livre. Cette quantité de chaux a effectivement dissipé en partie la putréfaction qui commençoit à se manifester si fortement. La fleurée bleue a commencé aussi à reparoître; mais, pour m'assurer de plus en plus des effets que j'avois déjà obtenus, j'ai jetté à sept heures du soir quantité égale de ce brevet, &

composée exactement de même, excepté qu'à la potasse j'avois substitué de l'alkali fixe concret. J'ai eu un peu moins d'effervescence en jettant le mêlange, soit que ma cuve fût plus roide, soit à cause de l'alkali fixe; mais les mêmes effets ont reparu dans la cuve, & même plus subitement. En huit ou dix minutes, l'odeur de la cuve est devenue insupportable. Suffoqué par la fœtidité qui s'en dégageoit, & reconnoissant d'ailleurs tous les symptômes de la cuve la plus complètement tournée, j'ai cessé de pallier; mais, avant de recouvrir, j'ai jetté dans la cuve environ trois livres de chaux. A dix heures du soir, je n'avois aucun changement. Le lendemain, l'odeur étoit encore si forte, que je fus obligé d'abandonner la cuve, & qu'elle me causa des nausées violentes. Le surlendemain, je m'apperçus bien que la puanteur étoit un peu diminuée, mais le bain étoit toujours exactement de couleur de terre, & sans aucune ressemblance à celle des cuves en état. Je l'abandonnai alors pendant quatre jours sans la découvrir. Lorsque je l'ai visité, après cet intervalle, toute l'odeur fœtide étoit dissipée; on ne sentoit plus que celle du pastel; & la cuve, quoiqu'entièrement froide, donnoit une petite fleurée bleue. Je me suis alors empressé de la réchauffer. Aussi-tôt qu'elle a été sur le feu, & encore bien plus lorsqu'elle a été ravalée, elle a porté la fleurée la plus riche. J'ai plongé dedans, au bout de quatre heures, un morceau d'étoffe; il a pris, dès le premier bout, un bleu très-vif; mais ce qui prouve sur-tout combien cette cuve étoit réparée, c'est que j'ai eu le verd le plus marqué que j'aie jamais vu en retirant l'étoffe du bain.

J'ai tourné & reproduit de la sorte, au moins dix petites cuves, & j'ai répété cette singuliere expérience jusqu'à quatre fois sur une seule. Après des succès aussi soutenus, & sur-tout aussi convaincu que je l'étois du rapport exact de mes petites cuves avec les grandes, sur tous les points, j'aurois pu terminer-là mes travaux à cet égard, & mes Juges trouveront sans doute le problême déjà complétement résolu; mais jaloux

de diſſiper juſqu'au moindre nuage, & ſur-ſout ne voulant pas laiſſer le moindre retranchement au préjugé, je vais rendre compte de l'expérience au moins auſſi triomphante que j'ai faite ſur une grande cuve.

Je me trouvai avoir, au 15 de Mai 1776, une grande cuve dont le paſtel étoit extrêmement fatiguée, & dont l'Indigo étoit preſqu'entièrement tiré par tous les objets que j'avois paſſé deſſus. Je formai auſſi-tôt le projet d'employer tous les moyens que j'avois reconnu contribuer à la perte des cuves. Je défendis expreſſément de lui rendre de la chaux. Je n'eus d'abord aucun effet; je ſoupçonnai que cette inaction venoit de ce que ma cuve étoit refroidie; & ayant éprouvé, comme je l'ai dit plus haut, que le paſtel ne travailloit plus, ou très-peu, lorſque la cuve étoit froide, je la fis réchauffer: elle fut encore un ou deux jours ſans donner aucun ſymptôme extraordinaire. Le 22, elle commença à crémer, & ſa fleurée à diminuer ſenſiblement; le lendemain, elle étoit entièrement tournée, n'avoit plus de fleurée, & commençoit à exhaler une odeur très-fœtide. Pendant les trois jours conſécutifs, l'odeur devint de plus en plus fœtide; au quatrieme, elle infectoit non-ſeulement le bâtiment où la Teinture eſt ſituée, mais encore tous les bâtimens voiſins, & même pluſieurs jardins ſitués à l'entour. L'odeur devint alors ſi terrible, que les ouvriers me conjurerent de faire vuider la cuve; mais je demeurai inflexible, réſolu de ſuivre ſon état beaucoup au-delà de toutes les expériences, qui pouvoient avoir été faites juſqu'à moi. Comme je commençois cependant à craindre des accidens de cette terrible odeur, & à croire qu'il étoit temps de tenter quelques épreuves, je fis jetter environ vingt livres de chaux en grumelot; j'étois alors au vingt-cinq. Je ne découvris ma cuve que trois jours après, réſolu cependant de la jetter à la riviere, ſi je ne trouvois aucun changement; mais je vis, au contraire, avec une bien grande ſurpriſe, qu'elle avoit une odeur infiniment moins fœtide: en heurtant deſſus, j'apperçus une fleurée caractériſée; & plus je continuai à heurter, plus la fleurée devint marquée. J'avois eſſayé, lorſque la cuve

étoit entièrement tournée, de teindre dessus; &, ayant retiré mon étoffe exactement telle que je l'avois plongé, je m'étois convaincu de plus en plus, qu'une cuve en cet état ne donne plus le moindre vestige de couleur. Il étoit de toute importance, pour avérer l'espèce de renouvellement de ma cuve, d'essayer si elle recommençoit à teindre; mais elle étoit alors si froide (c'étoit le vingt-huit), qu'elle n'auroit pas même saisi l'étoffe, si elle avoit été dans le meilleur état. Je la fis donc réchauffer, malgré la répugnance des ouvriers qui lui trouvoient encore, avec raison, une odeur assez fœtide. Le réchaux acheva de lui enlever cette odeur : lorsqu'elle fut ravalée, elle porta plus belle fleurée que jamais; elle prit même une couleur un peu noirâtre; & lorsque j'y ai plongé des échantillons, je les ai retirés d'un bleu céleste très-foncé. J'aurois essayé de passer des draps dessus, si mes autres cuves ne m'eussent suffi pour le moment; mais au lieu de réitérer les expériences sur la couleur, j'ai voulu voir si la putridité auroit encore lieu en abandonnant la cuve à elle-même. Dans cette vue, je l'ai laissé subsister encore un grand mois. L'odeur fœtide étoit si bien dissipée, qu'elle n'a plus reparu, & elle étoit absolument sans odeur quand je l'ai fait jetter à la riviere.

Après de pareilles expériences, je crois avoir bien le droit de conclure que jamais la partie fondamentale & colorante des cuves, n'est dissoute ni perdue dans celles qui paroissent à la verité l'annoncer si clairement par leurs symptômes; que ces parties sont seulement enveloppées, voilées, comme le sont les matières métalliques dans leur dissolvant, & qu'elles sont toujours prêtes à reparoître aussi semblables à elles-mêmes, & aussi peu altérées que la matiere des précipités quelconques. Qu'est-ce qui peut produire des symptômes aussi extraordinaires, & sur-tout aussi rebutans? Je le répète, ce sont les commencemens de la fermentation putride : c'est elle qui produit l'horrible fœtidité des cuves, puisqu'elle seule est en possession de répandre une odeur hépatique sur toutes les

ſubſtances, & d'y produire même un vrai foie de ſoufre : c'eſt elle encore qui fait diſparoître toutes les parties colorantes, puiſqu'elle ne manque jamais de porter également ſes ravages ſur le principe colorant de toutes les ſubſtances qu'elle attaque, & que la deſtruction des couleurs eſt même un des premiers ſignes de ſon action. Qu'eſt-ce qui peut produire la fermentation putride elle-même, & la produire dans certains momens plutôt que dans d'autres? C'eſt l'épuiſement de la chaux; c'eſt-à-dire, l'épuiſement des parties ſalines qui ſont ſeules capables de prévenir ou de ſuſpendre ce genre de fermentarion. Toutes les matieres végétales, comme le rappelle le programme même de l'Académie, étant ſuſceptibles des trois fermentations, ſpiritueuſe, acide, putride, & les principes végétaux des cuves n'ayant paſſé, lors de leur fabrication, que par les deux premiers degrés, il eſt néceſſaire qu'ils ſe précipitent vers le troiſieme, dès qu'il ceſſe d'être contenu par un anti-putride aſſez puiſſant, & il eſt dans les loix de la Nature même, qu'ils offrent alors tous les ſymptômes de la deſtruction. Comment enfin la chaux adminiſtrée ſeulement à des doſes beaucoup plus fortes & plus fréquemment que de coutume, peut-elle reſtituer la plus belle fleurée & les veines bleues les plus vives à des cuves qui n'offrent qu'une bourbe fœtide? C'eſt par la faculté qu'elle a non-ſeulement de prévenir, mais encore d'arrêter dans cette circonſtance-ci la fermentation putride. Cette ſubſtance arrêtant le mouvement inteſtin & rapide qui troubloit l'harmonie de tous les principes, qui commençoit à diviſer & à dénaturer toutes des parties, il eſt naturel qu'elles ſe rapprochent, qu'elles ſe reforment ſur les mêmes principes, qu'elles recommencent à former un même tout, & par conſéquent qu'elles recouvrent leur odeur, leur couleur, leurs effets.

Je ne crois pas qu'il ſoit poſſible de démontrer, d'une maniere plus évidente, la cauſe d'un accident, ni d'offrir un remède plus prompt, plus sûr & plus ſimple; mais comme l'Académie demande non-ſeulement les cauſes & les remèdes des

accidens qu'éprouvent les cuves, mais encore les moyens de les empêcher & de les prévenir, je crois devoir avertir les Artistes que jamais leurs cuves ne courent un plus grand risque que lorsqu'elles viennent d'être établies. Le pastel & les autres ingrédiens de la cuve étant alors dans leur plus grand degré d'activité, c'est alors aussi qu'ils rongent davantage & avec plus de promptitude. Lors donc qu'on a une cuve neuve dans un guesdre, il faut toujours excéder un peu la proportion dans laquelle on rend de la chaux aux autres cuves plus anciennement établies; si on ne lui en rend qu'au même degré, ou même tant soit peu peu moins, on court le plus grand risque de la perdre.

Si une cuve ancienne ou neuve est très-jaune & très-à-doux, lorsqu'on la réchauffe, il est de toute nécessité & de toute importance de lui rendre de la chaux aussi-tôt qu'elle est ravalée, ou peu de temps après. Le réchaux ranimant toutes les parties de la cuve, la rendant plus brune, & lui donnant une odeur plus ferme, les Teinturiers la regardent souvent alors comme bien en état & pleine de force; mais ce renouvellement n'étant, comme je l'ai dit plus haut, que de très-courte durée, elle acheve, au contraire, d'épuiser sa chaux, & elle tourne infailliblement avant d'être refroidie.

J'ai observé qu'une cuve soit petite, soit grande, ne tournoit jamais lorsqu'on venoit de la ravaler, ni même plusieurs heures après; mais le plus souvent deux ou trois jours après avoir été réchauffée, & lorsqu'elle commençoit à être considérablement refroidie. C'est donc lorsque la chaleur d'une cuve commence à tomber, qu'un Guesdron doit tout craindre, visiter plus souvent ses cuves, & sur-tout rendre de la chaux. Je me suis convaincu par une expérience bien frappante, que c'est uniquement le degré de chaleur, & non pas le laps du temps, que les Teinturiers doivent observer dans cette même circonstance. Ayant établi la plupart de mes petites cuves dans l'été, & lorsque le thermomètre étoit à douze degrés, j'en ai établi deux lorsqu'il étoit à six. La température de l'air con-

ſervant la chaleur des premieres beaucoup plus long-temps, je n'ai pu les faire tourner que trois jours & trois nuits, quelquefois même plus long-temps encore après le réchaux. Les dernieres s'étant refroidies, avec la plus grande célérité, j'ai réuſſi à les faire tourner au bout de vingt heures. C'eſt donc toujours au même degré de chaleur, & non pas après le même eſpace de temps que les cuves tournent: ce n'eſt jamais de quarante-cinq à ſoixante-dix degrès, mais toujours de trente à quarante-cinq; & ſi les Teinturiers ont ſoin de bien obſerver ce degré, ils ne ſeront jamais ſurpris.

La différence prodigieuſe qui n'exiſte que trop ſouvent dans la vigueur & la qualité des paſtels, eſt encore une des choſes qui contribue le plus à ſurprendre les Artiſtes & à perdre leurs cuves, quoiqu'ils les aient d'ailleurs très-bien conduites. Ayant établi deux petites cuves avec l'égalité la plus rigoureuſe dans les doſes de chaque ingrédient, mais ſeulement avec deux différentes ſortes de paſtel, j'ai d'abord obſervé une différence marquée dans le moment de la venue. Celle dont j'avois reconnu le paſtel pour mauvais, n'eſt venu qu'au bout de vingt-quatre heures. Celle dont je ſoupçonnois le paſtel beaucoup meilleur a porté bleu au bout de ſeize. Ayant enſuite employé tous les moyens que je connoiſſois pour les faire tourner, le paſtel, qui avoit été ſi long-temps à porter bleu, s'eſt putréfié en moins de douze heures. Pour la cuve dont je ſavois le paſtel beaucoup plus vigoureux, j'ai été près de trois jours & demi à l'amener aux moindres apparences d'affoibliſſement. Ces différences qui ſe manifeſtent encore d'une maniere bien plus frappante dans les cuves en grand, ſurprennent tous les jours les Artiſtes de la maniere la plus cruelle, & ſans qu'ils puiſſent en deviner la cauſe. Pour les mettre encore en garde contre cette ſource d'accidens, je les invite donc à conſidérer toujours, avec la plus grande attention, la nature de leur paſtel, lorſqu'ils établiſſent une cuve. Si ce paſtel eſt difficile à broyer, verdâtre dans l'intérieur lorſqu'on le briſe; & ſi, dans les premiers momens, il ne donne au bain qu'une couleur brune, il

eſt de la meilleure qualité, & il ſoutiendra long-temps ſon action. S'il ſe réduit facilement en pouſſiere, lorſqu'on veut le broyer dans la main; s'il eſt d'une couleur terreuſe dans l'intérieur, & s'il donne dès les premiers jours une couleur très-jaune au bain de la cuve, il eſt infaillible qu'il aura très-peu d'énergie, & qu'il fera tourner la cuve auſſi-tôt qu'on retardera, ou qu'on diminuera tant ſoit peu la doſe de chaux qui lui convient.

Je ne me ſuis apperçu qu'en dernier lieu, que la qualité de la chaux elle-même avoit la plus grande influence ſur les cuves, & contribuoit très-ſouvent à leurs accidens. C'eſt toujours de la chaux vive qu'on emploie à cet uſage; mais cette chaux, lorſqu'elle a été, par exemple, retirée de pierres tendres, poreuſes, &, preſque friables, a infiniment moins d'action ſur les cuves; & quoiqu'on leur donne une très grande quantité de chaux de cette eſpece, on n'y produit preſqu'aucun effet. Si la chaux eſt, au contraire, retirée de pierres denſes, & de la plus grande dureté, telles que le marbre ou autres pierres auſſi dures, la moindre quantité produit la fermentation la plus violente dans la cuve, & ſuffit pour la rebuter. C'eſt donc encore ici une des choſes qui font ſouvent la plus funeſte illuſion aux Artiſtes, & qui rebutent ou font tourner leurs cuves au moment même où ils obſervent le plus exactement les doſes reçues. Ils préviendront cependant tous les accidens qui pourroient en réſulter, en s'informant exactement de quelles pierres a été retirée la chaux qu'ils emploient, de quelles carrieres ont été tirées ces pierres elles-mêmes, & ſur-tout en faiſant de petits eſſais ſur leurs cuves, avant d'y jetter avec confiance la chaux dont ils viennent de faire emplette. Je ne crois pas devoir terminer cet article ſans expoſer le rapport bien ſatisfaiſant que j'ai trouvé entre cette remarque & les obſervations ſi ingénieuſes que MM. Duhamel & Macquer ont publiées ſur la chaux. Ces deux Chimiſtes ont reconnu, par une ſuite d'expériences convaincantes, par les differens degrés d'efferveſcence des acides, & par la différente influence des alkalis,

que

que la chaux différoit beaucoup dans ses propriétés, selon la nature de la pierre qu'on avoit calcinée. L'observation dont je viens de donner le détail, quoique si éloignée des appareils & des expériences ordinaires, appuie sans doute cette belle théorie d'une maniere bien frappante, & doit la faire regarder comme une des vérités les plus inconteſtables qui existent dans la Chimie.

Je ne croirois pas avoir épuisé toutes les précautions, qui peuvent prévenir la putréfaction des cuves, si je n'indiquois la quantité de chaux qu'on doit ordinairement leur donner en les établissant, & qu'on doit leur rendre ensuite lorsqu'elles sont une fois établies. La quantité de pastel qu'on met pour établir une cuve, n'est jamais réglée; elle dépend toujours, ou de sa grandeur, ou même souvent de la volonté de l'Artiste; mais quelle que soit cette quantité, j'ai reconnu, par une multitude d'expériences, tant en petit qu'en grand, que la chaux devoit toujours être avec le pastel, dans le rapport d'un trentieme lorsqu'on établissoit la cuve, & qu'ensuite on ne devoit jamais en rendre plus du soixantieme, à moins d'accidens. Si on met donc de trois à quatre cens livres de pastel pour établir la cuve, on ne doit pas mettre plus de dix à douze livres de chaux, lorsqu'elle commence à porter bleu; lorsqu'on lui en rend ensuite, pour consolider & entretenir son action, on doit lui en rendre au plus cinq à six livres. Si tous les Artistes adoptoient cette proportion, & si, pour y réussir plus sûrement, ils ne mettoient jamais la chaux dans leurs cuves, qu'après l'avoir exactement pesée, au-lieu de la jetter au hasard avec une sebille de bois, ou avec l'instrument qu'ils appellent *tranchoir*, ils s'éviteroient pour jamais, & les accidens de la roideur ou du rebut, dont nous avons parlé plus haut, & celui de la putréfaction qui est toujours fâcheux, & qui apporte toujours du retard aux opérations, même lorsqu'il est le mieux réparé.

Tels sont les derniers détails dans lesquels j'ai cru devoir entrer pour remonter aux dernieres sources des accidens des

cuves. L'Académie desiroit que les Auteurs offrissent non-seulement une Analyse chimique de l'Indigo, mais encore des expériences qui découvrissent les causes, les remèdes, & les moyens même de prévenir ces accidens. Est-ce donc trop me flatter, que de croire que j'ai rempli ce triple objet aussi complétement qu'il étoit possible?

Ma seconde Partie contient de plus les loix les plus précises & les plus exactes pour appliquer l'Indigo avec succès à la teinture des soies, des cotons, & des laines : cette partie peut même être regardée comme un Art complet de la Teinture en bleu. Si à ces travaux, qui ont si directement la teinture pour objet, on joint les découvertes que j'ai données dans mon Analyse même de l'Indigo, le secret de faire percer infailliblement la teinture du bleu & du verd de Saxe, & de rendre ces deux couleurs de toute solidité, le moyen plus précieux encore de changer presque la nature de l'Indigo, & de l'augmenter réellement de qualité & de prix, en le dépouillant de la matiere extractive, j'espère qu'on m'accordera au moins l'avantage d'avoir offert des expériences aussi applicables qu'elles puissent l'être au succès & à l'avancement de l'Art de la teinture.

On aura lu, sans doute, avec au moins autant d'intérêt tous les changemens que j'ai proposés, pour reculer, s'il est possible, la ruine dont sont menacées nos Indigoteries; les nouveaux procédés que j'indique pour la culture de ces terreins, pour la conformation des pierres à Indigo, pour l'exportation de cette marchandise. Des objets d'une pareille importance, quand même ils ne seroient qu'ébauchés dans cet Ouvrage, sont bien faits pour captiver toute l'attention de Juges tels que ceux qui décideront ici de la Couronne; & si j'osois former quelqu'espérance, ce seroit sur-tout d'après l'importance & la singularité des sujets qui se sont présentés successivement sous ma plume.

FIN.

EXPLICATION DES PLANCHES.

PLANCHE PREMIERE.

FIG. I.ere *REPRÉSENTATION de la Sécherie.*

FIG. II. *Représente des Nègres occupés aux dernières manipulations de l'Indigoterie. L'un coupe l'Indigo dans sa caisse à la grandeur de six pouces en quarré, & l'autre l'arrange dans une caisse construite selon le nouveau projet. Derrière eux, est un rateau auquel sont attachés les sacs dans lesquels on laisse l'Indigo s'égoutter.*

FIG. III. *Plan géomètral & grandeur des différentes caisses.*

A. *Caisse où on coupe l'Indigo d'environ deux pouces quarrés.*

B. *Caisse de même grandeur, où l'Indigo est coupé de six pouces en quarré.*

C. *Caisse dans laquelle on propose d'exporter l'Indigo.*

PLANCHE II.

FIG. I.ere *Représente l'attelier de la teinture en soie.*

A. *L'Ouvrier qui plonge les mateaux dans la teinture.*

B. *Ouvrier qui évante les soies & les agite au sortir de la cuve.*

C. *Ouvrier qui tord un mateau sur l'espart.*

FIG. II. *Représente une cuve & sa coupe.*

A. *Le fourneau avec la cuve & le tuyaux, pour l'évaporation du charbon : le fond de la cuve est ponctué.*

B. *La coupe du fourneau.*

C. *La cuve.*

D. *La bouche du fourneau.*

E. *Tuyau pour l'évaporation du charbon.*

F. *Le rable.*

G. *Le couvercle de la cuve.*

PLANCHE III.

FIG. I.ere *Représente l'attelier de la teinture en coton.*

A. *L'Ouvrier qui teint & retourne successivement chaque pente de coton.*

B. *Ouvrier qui tord le coton au-dessus des cuves au nombre de cinq : au-dessus de chacune est une canelle, & au-dessus de chaque canelle est un crochet pour soutenir la pente qu'on tord.*

FIG. II. *Coupe de l'élévation des cuves au nombre de cinq.*

FIG. III. *Plan géomètral des cinq cuves.*

PLANCHE IV.

Plan géomètral de l'attelier de la Teinture en laine.

N.os 1. *L'attelier des deux chaudières, l'une pour le noir & l'autre pour le bleu.*

2. *Entrée de l'attelier.*

3. *Grande chaudière pour le noir.*

4. *Chaudière pour le bleu.*

5. *Moulin pour moudre l'Indigo.*

6. *Pompe pour donner de l'eau aux chaudières.*

7. 7. 7. *Escalier pour descendre aux fourneaux.*

8. 8. *Bouche des fourneaux.*

9. *Passage des deux marches pour aller au Magasin du bois ou bûcher.*

10. *Porte chartière pour l'approvisionnement du bois dans le bûcher.*

11. *Entrée de l'attelier aux cuves.*

N.ºs 12. *Ouverture ou demi-fenêtre au gros mur, pour passer la chaînée des chaudières aux cuves.*

13. 14. 15. & 16. *Les quatre cuves.*

PLANCHE V.

FIG. Iere *Coupe prise sur la ligne ponctuée au plan géomètral Planche IVe, & indiquée* J. K.

N.ºs 1. *L'attelier des deux chaudières.*

2. *La bouche du fourneau.*
3. *La grande chaudière pour le noir.*
4. *Intérieur du fourneau.*
5. *La pompe.*
6. *Les Pompiers.*
7. *Escalier qui descend à la bouche des fourneaux.*
8. *La cheminée du fourneau de la chaudière pour le noir, de la chaudière pour le bleu.*
9. *Fenêtre.*
10. *Porte de dégagement.*
11. *Porte pour entrer dans l'attelier aux quatre cuves.*
12. *Ouverture ou demi-fenêtre pour passer la chaînée de la chaudière aux cuves.*

FIG. II. *Coupe prise sur la ligne* L.M *indiquée au plan géomètral.*

N.ºs 1. *L'attelier des deux chaudières.*

2. *La bouche du fourneau.*
3. *L'intérieur du fourneau.*
4. *La chaudiere pour le bleu.*
5. *Le passage qui sépare l'attelier d'avec le Magasin au bois, & qui va au fourneau.*
6. *La pompe.*
7. *Le puit de la pompe.*

N.ºs 8. *La cheminée de la chaudière pour le bleu.*

9. *Fenêtre.*

10. *Porte de dégagement.*

11. *Porte d'entrée de l'attelier des quatre cuves.*

12. *Ouverture ou demi-fenêtre pour paſſer la chaînée de la chaudière aux cuves.*

PLANCHE VI.

Coupe priſe ſur la ligne ABCDEFGH *indiquée au plan géomètral.*

N.ºs 1. *L'attelier des deux chaudières.*

2. *L'intérieur du fourneau.*

3. *La chaudière pour le noir.*

4. *La chaudière pour le bleu.*

5. *L'intérieur du fourneau.*

6. *Ouverture ou demi-fenêtre pour paſſer la chaînée des chaudières aux cuves.*

7. *Fenêtre de l'attelier aux cuves.*

8. 8. *Intérieur des fenêtres.*

9. 9. *Extérieur des cheminées de la chaudière pour le noir, & de celle pour le bleu.*

10. *Porte qui va à l'eſcalier qui conduit aux fourneaux, & au magaſin au bois.*

11. *Attelier des cuves.*

12 & 13. *Cuves.*

PLANCHE VII.

FIG. Iere *Le moulin où deux Ouvriers ſont à moudre l'Indigo.*

FIG. II. *Les détails du moulin.*

A. *Coupe du moulin.*

B. *La meule mobile du moulin de pierre meulière.*

C. *Le fond du moulin de même pierre. Dans le milieu eſt*

l'arbre perpendiculaire qui ſert à faire mouvoir la meule, lequel arbre eſt quarré par le bas.

D. *La meule vue en-deſſus avec ſes deux anſes.*

E. *Plan du moulin.*

F. *L'arbre de la meule avec ſon tenon qui ſe ſcelle dans la muraille.*

PLANCHE VIII.

Repréſentant tous les outils propres aux manipulations des Teinturiers en laine.

FIG. I.ere *Le jet vu de face vers le milieu de ſon manche; il eſt entouré de cordes, afin de ne point uſer la chaudière ſur laquelle il frotte journellement; au bout oppoſé à la cuiller, eſt une maſſe de plomb pour faciliter l'Ouvrier.*

FIG. II. *Le même jet vu de profil.*

FIG. III. *La chaînée avec ſa planche pour contenir l'eau du bain pendant le ravalement.*

FIG. IV. *Le Rable.*

FIG. V. *La planche de la chaînée ſeule.*

FIG. VI. *Plan géométral du pied droit.*

FIG. VII. *Pied droit vu de face avec ſon crochet & ſon tenon de fer.*

FIG. VIII. *Le bois ſeul du pied droit ſans ſon crochet.*

FIG. IX. *Le crochet de fer du pied droit ſeul pour faire voir ſa conſtruction.*

FIG. X. *Pied droit dans ſa ſituation, relativement à la* FIG. XI.

FIG. XI. *Le Tour dans ſa ſituation, relativement au pied droit,* FIG. X.

FIG. XII. *Le Tour vu de face, avec ſes bâtons paſſés dans les anneaux pour faire tourner le crochet. Ces bâtons ſont*

ponctués en leur place à la Fig. XI. *Les pieds de ces outils doivent entrer en terre de quatre pouces par le bas, comme on le voit à la ligne de terre* AB.

Fig. XIII. *Le manche du crochet.*

Fig. XIV. *Le crochet complet.*

Fig. XV. *Le crochet vu de face.*

Fig. XVI. *Le crochet vu postérieurement.*

Fig. XVII. *Le tranchoir avec lequel on donne la chaux.*

Planche IX.

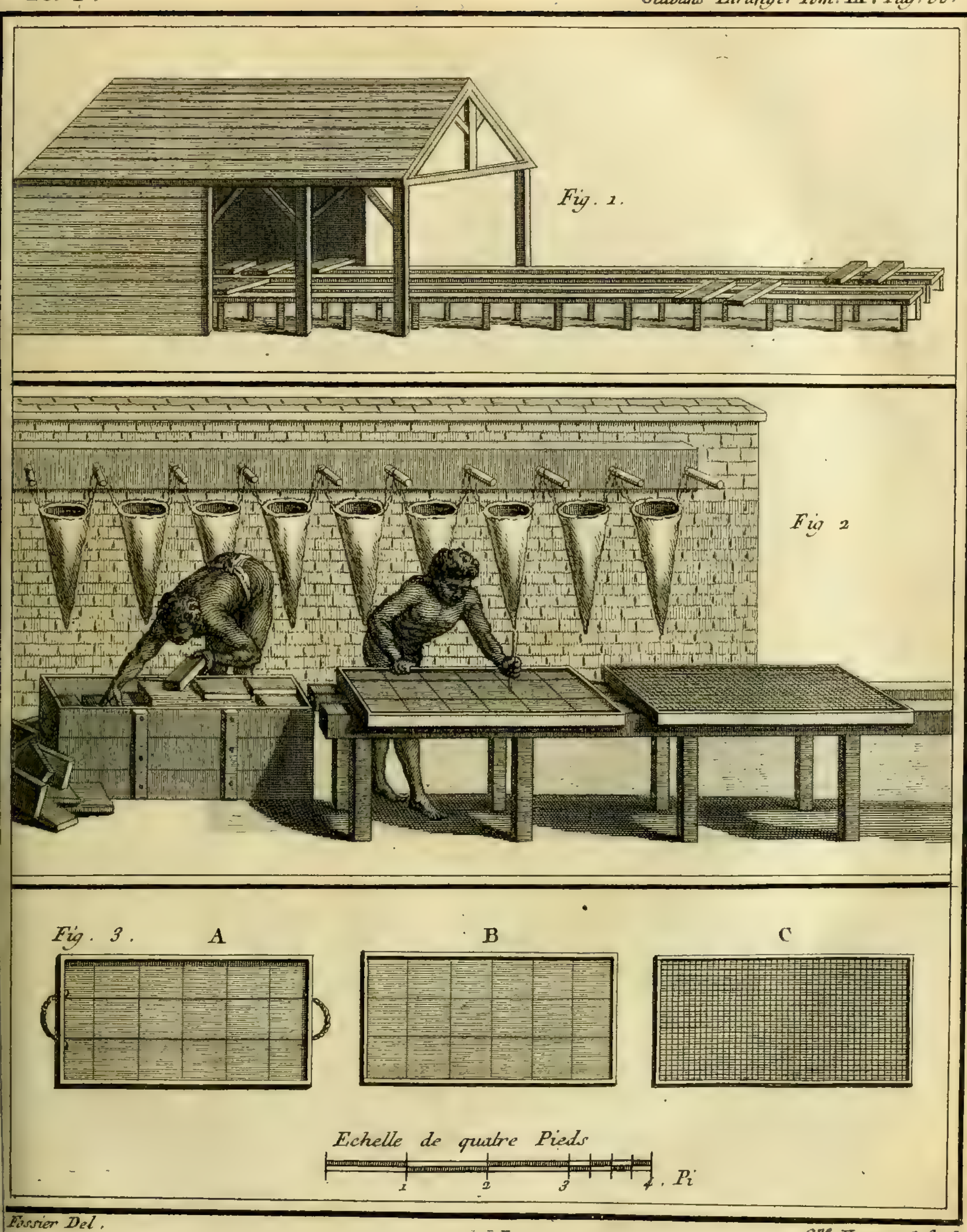
Fig. Iere *Représente la cuve; d'un de ses côtés* A, *est le pied droit qui descend en terre de quatre pouces, comme je l'ai dit, ci-dessus, à la ligne de terre dans une pierre quarrée où l'on a creusé un quarré long. Voy.* Fig. III. N.° B *est le plan géomètral de cette pierre:* N.° C *indique la coupe perpendiculaire.*

A la Fig. I., N.° B, *est l'Ouvrier qui tourne le moulinet, nommé Tour, pour tordre le drap; il faut observer que le pied* K, *de cet outil, entre en terre de quatre pouces aussi, dans une pierre pareille à celle dont je viens de parler.*

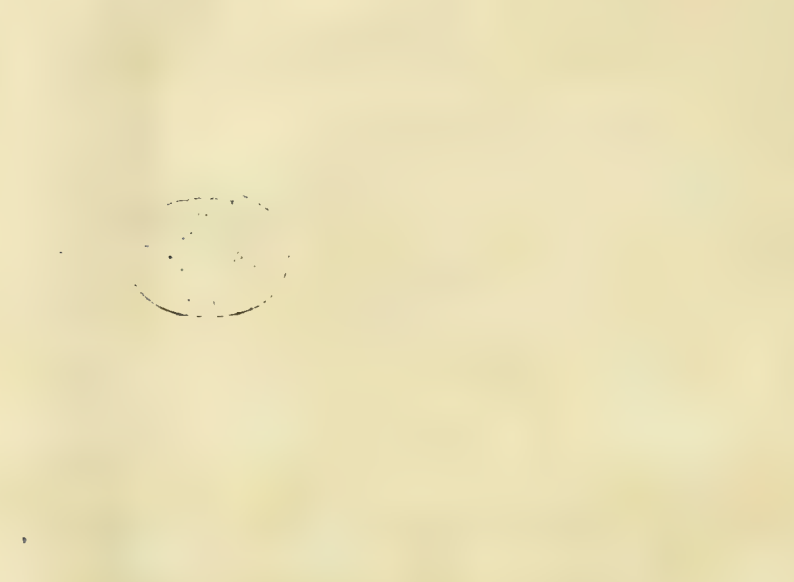
Fig. IIe *Est la coupe de la cuve pour faire voir la champagne, qui est un cercle de fer, dont le fond est un filet de cordes pour supporter le drap, & pour qu'il ne touche point au fond de la cuve; cette champagne est suspendue par des cordes autour de l'extérieur de la cuve. Voy.* Fig. Iere & Fig. IIIe.

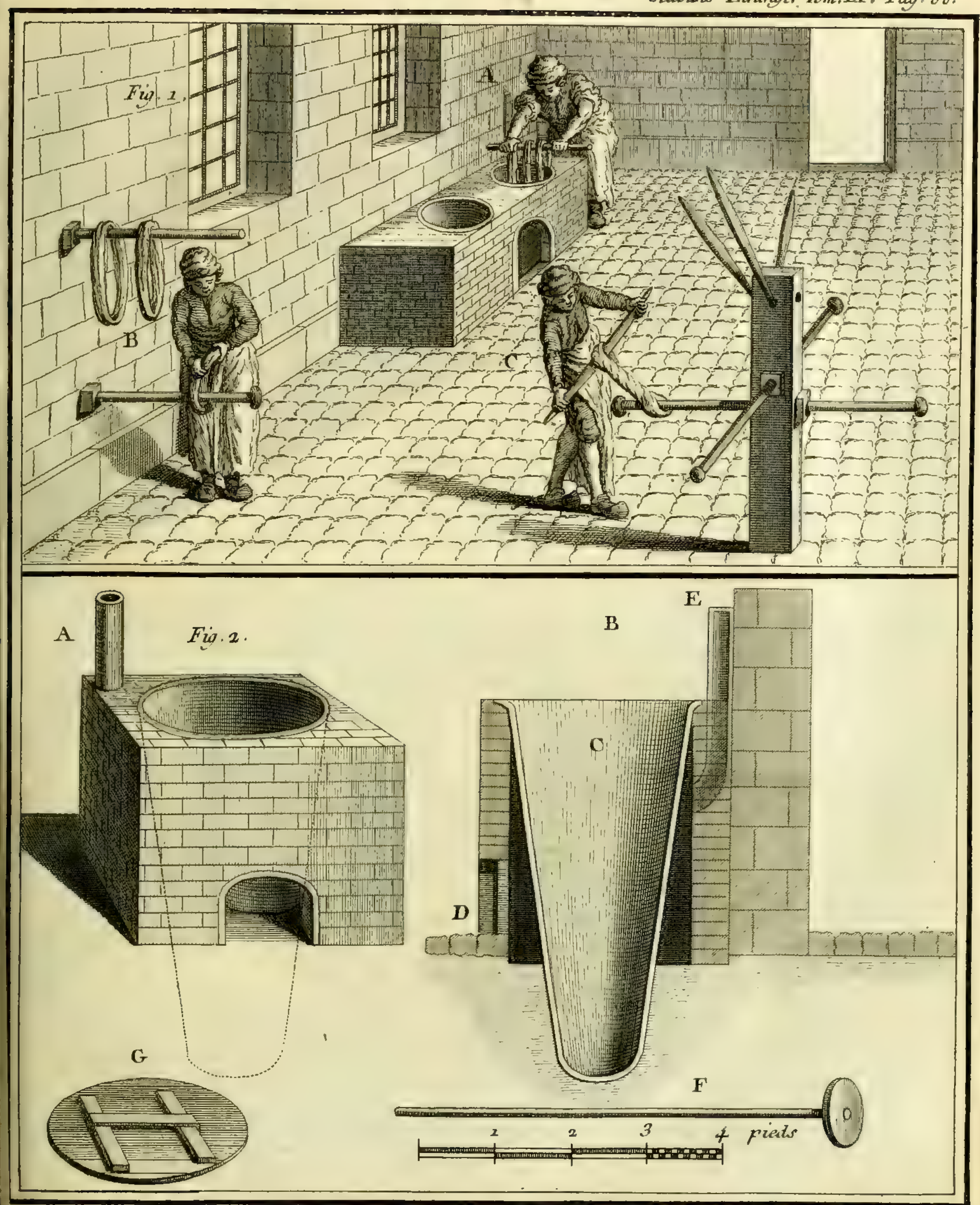
Fig. III. *Est l'ouvrier qui retourne l'étoffe dans la cuve, avec ses deux petits crochets, dont le détail est en grand* Pl. VIII, Fig. XIV.

MÉMOIRE



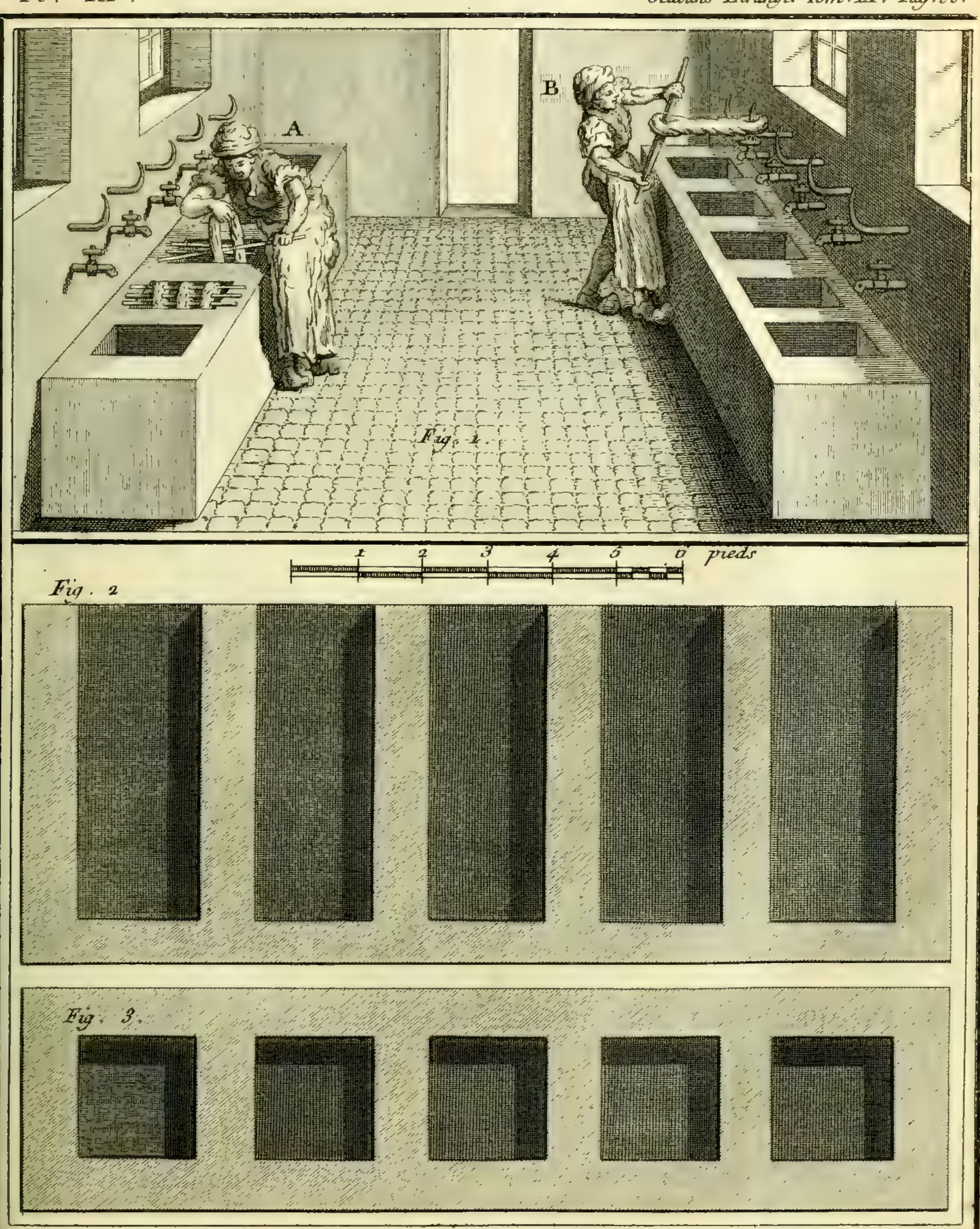
Fossier Del. C.ne Haussard Sculp.





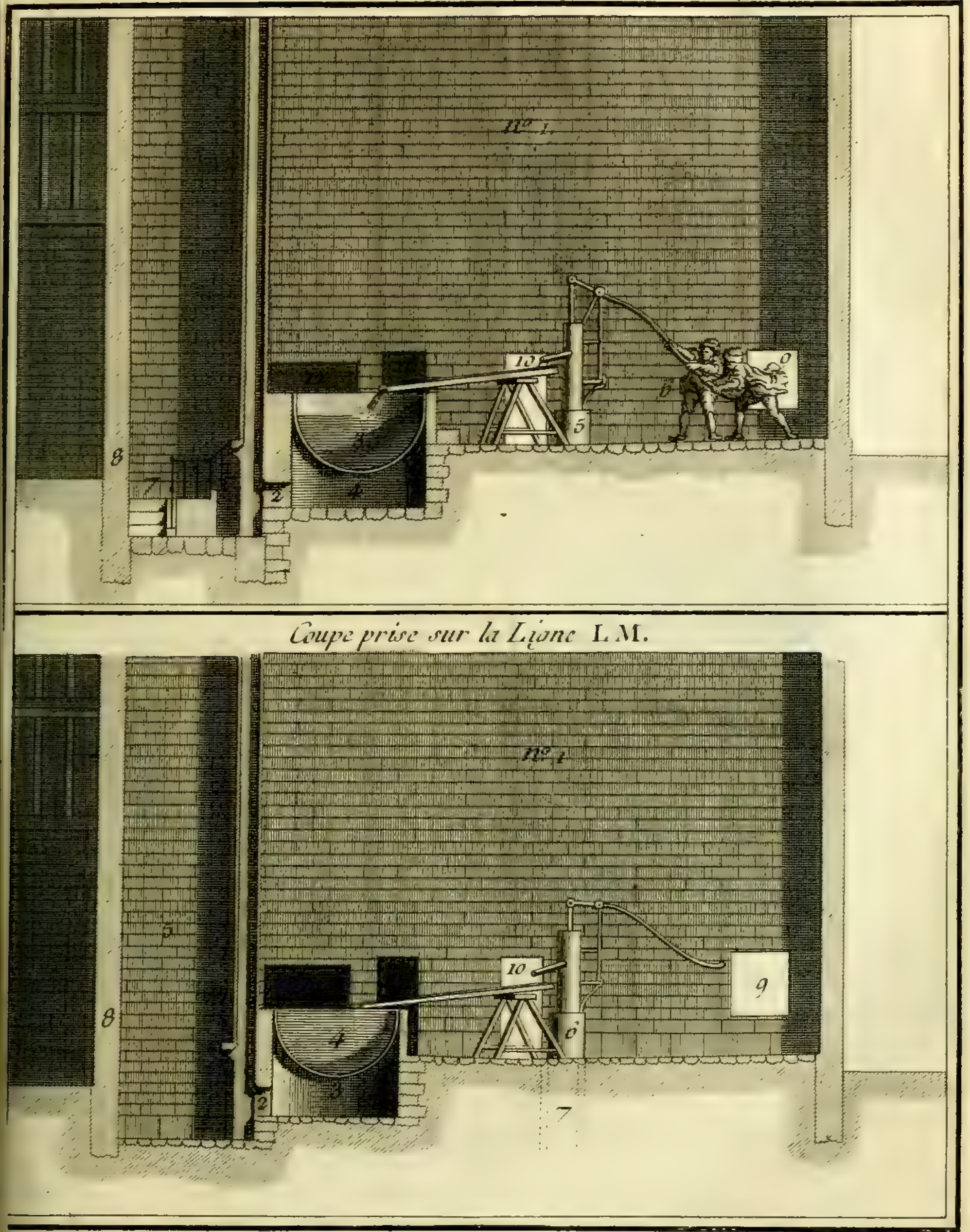
Fossier Del.   C.ne Haussard Sculp.





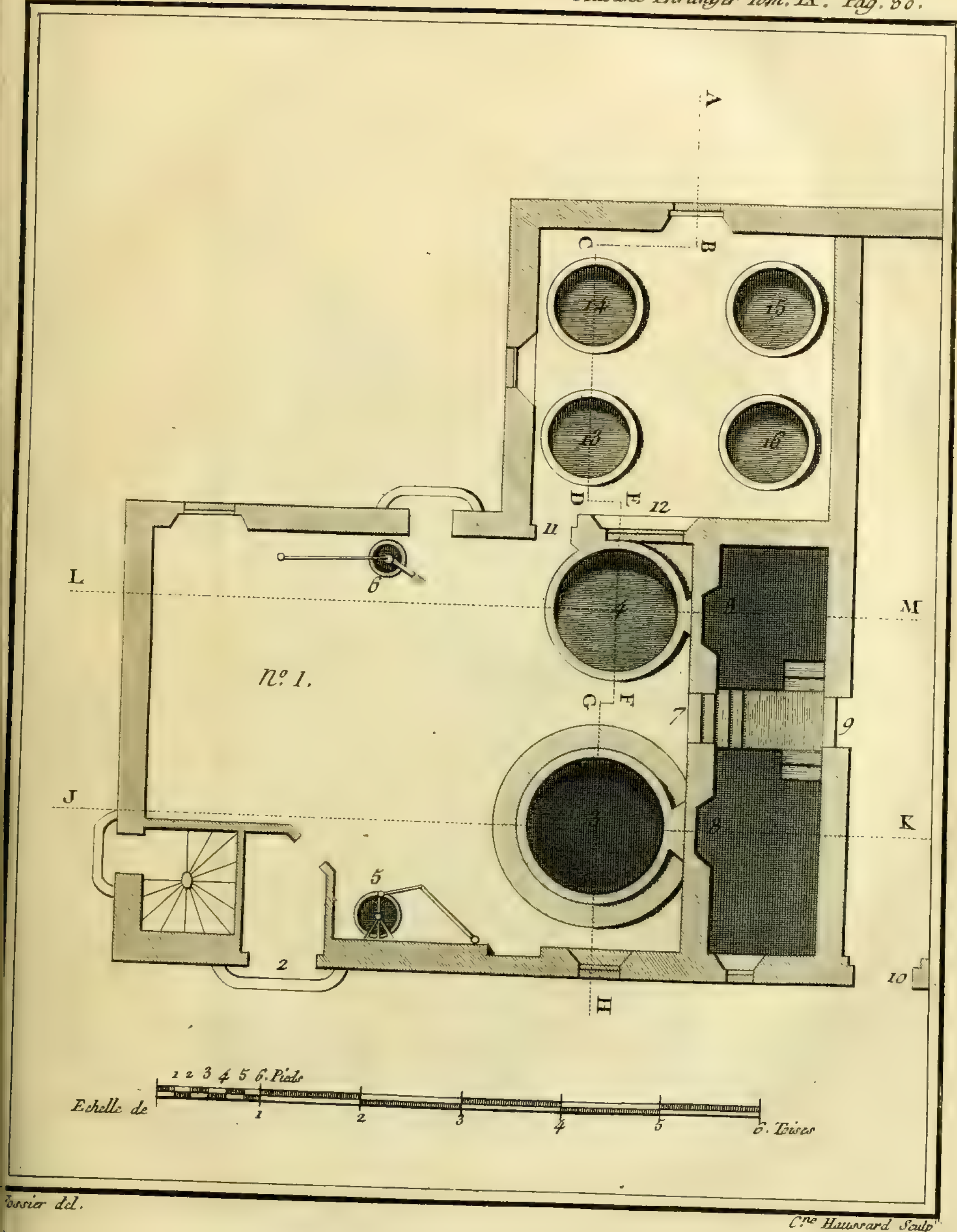
Fossier Del. El.th Haussard Sculp.





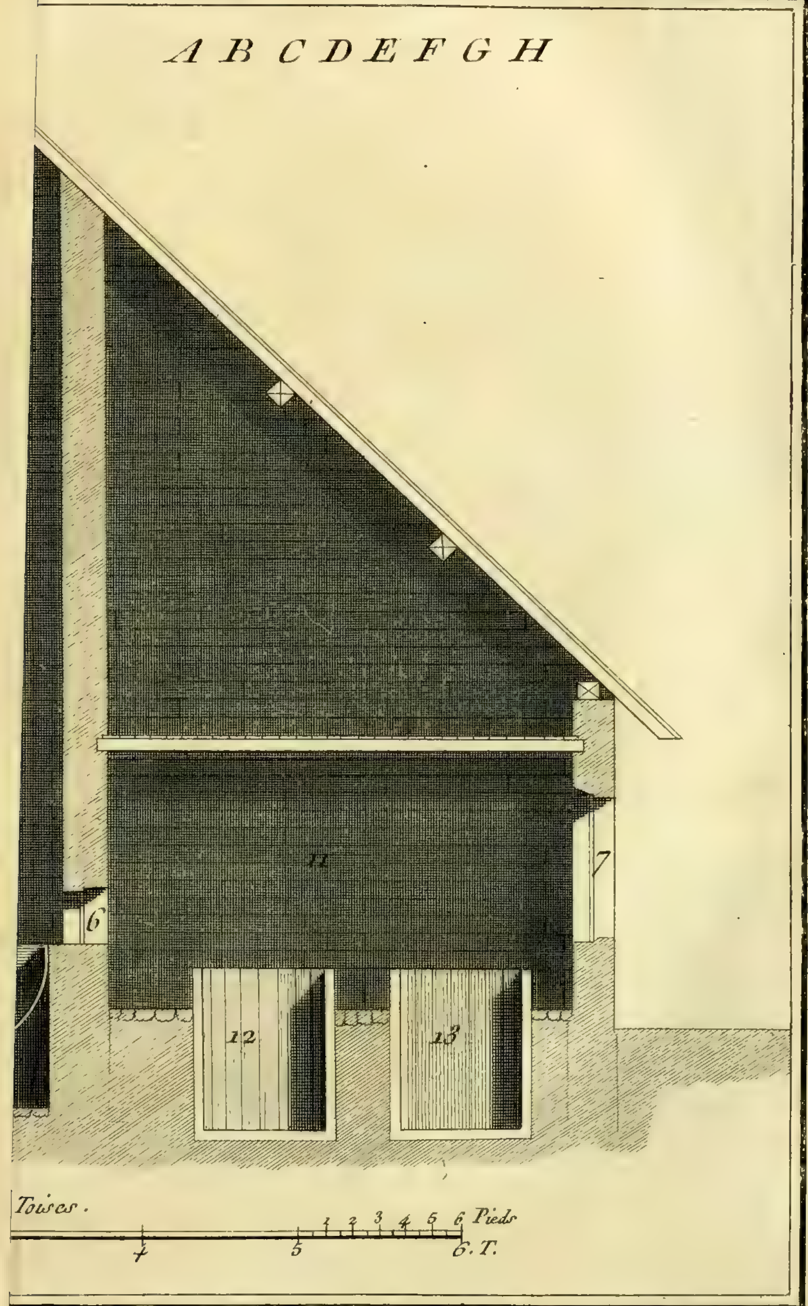
ossier del. Cl.ne Haussard Sculp.



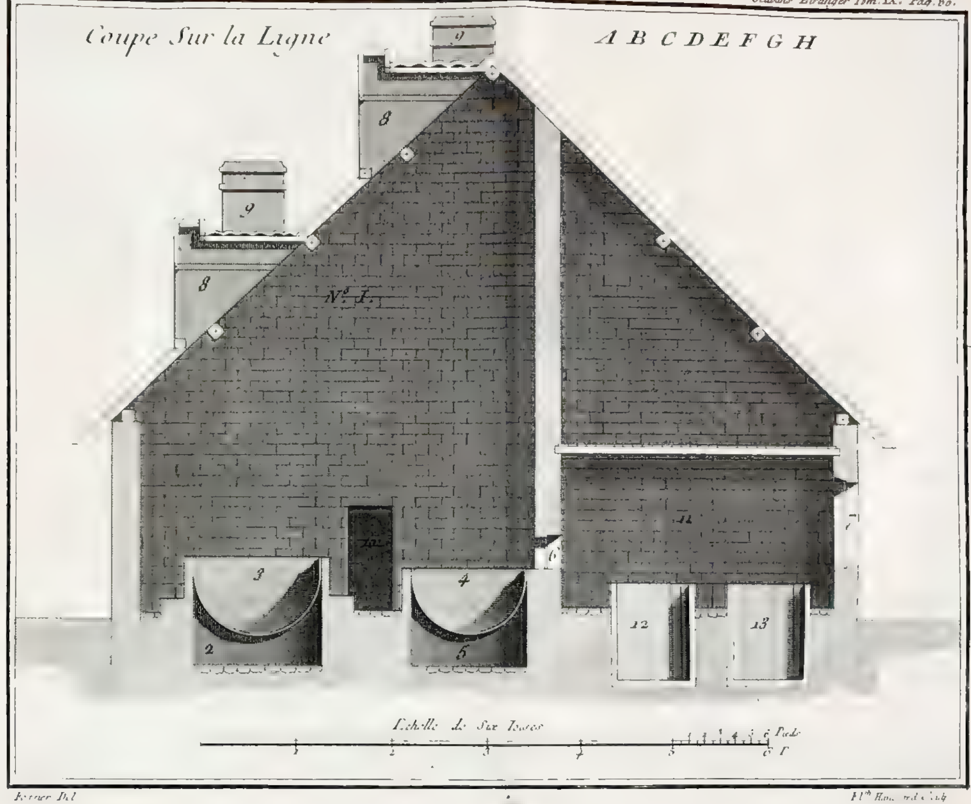


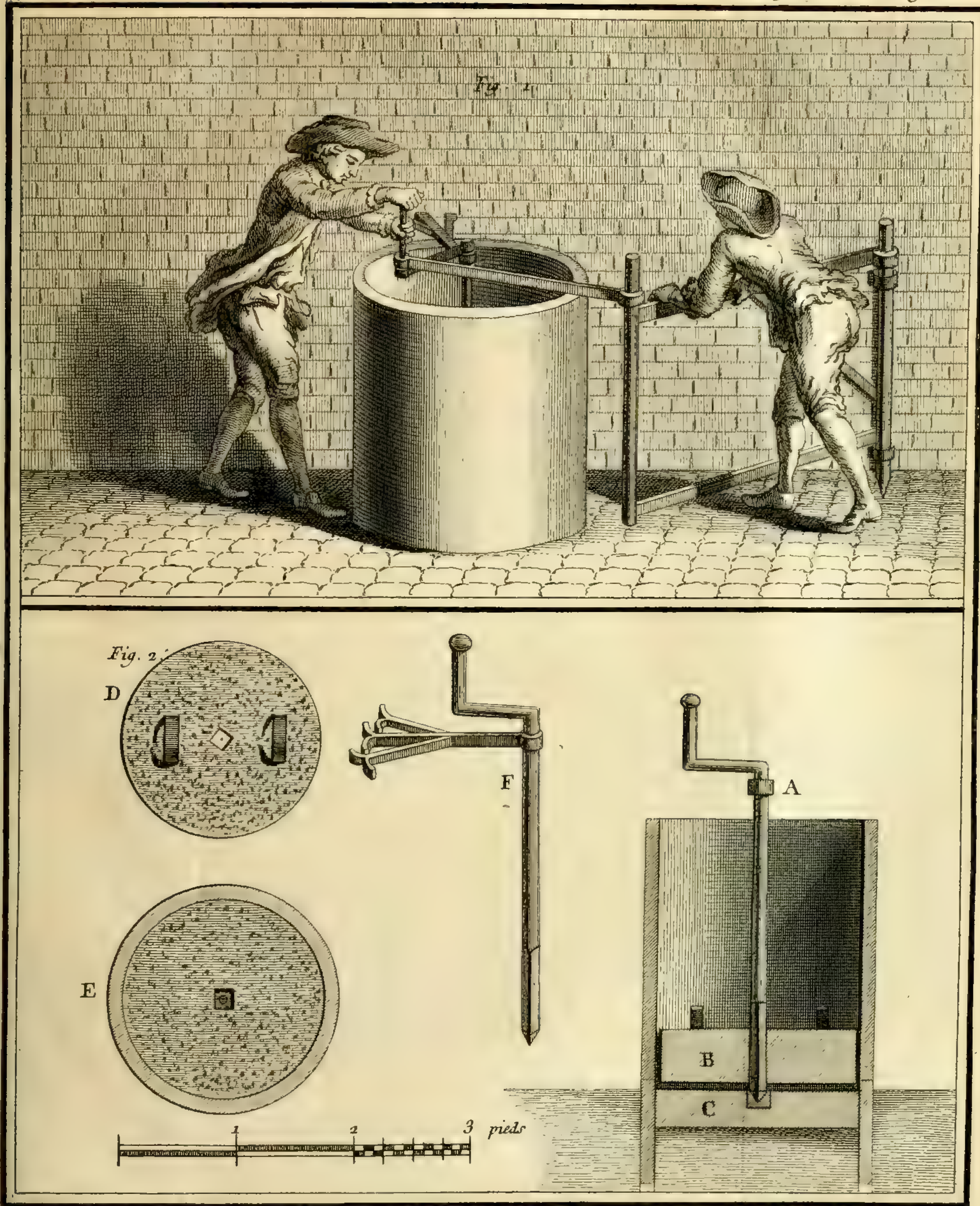
Fossier del.
Cne Haussard Sculp





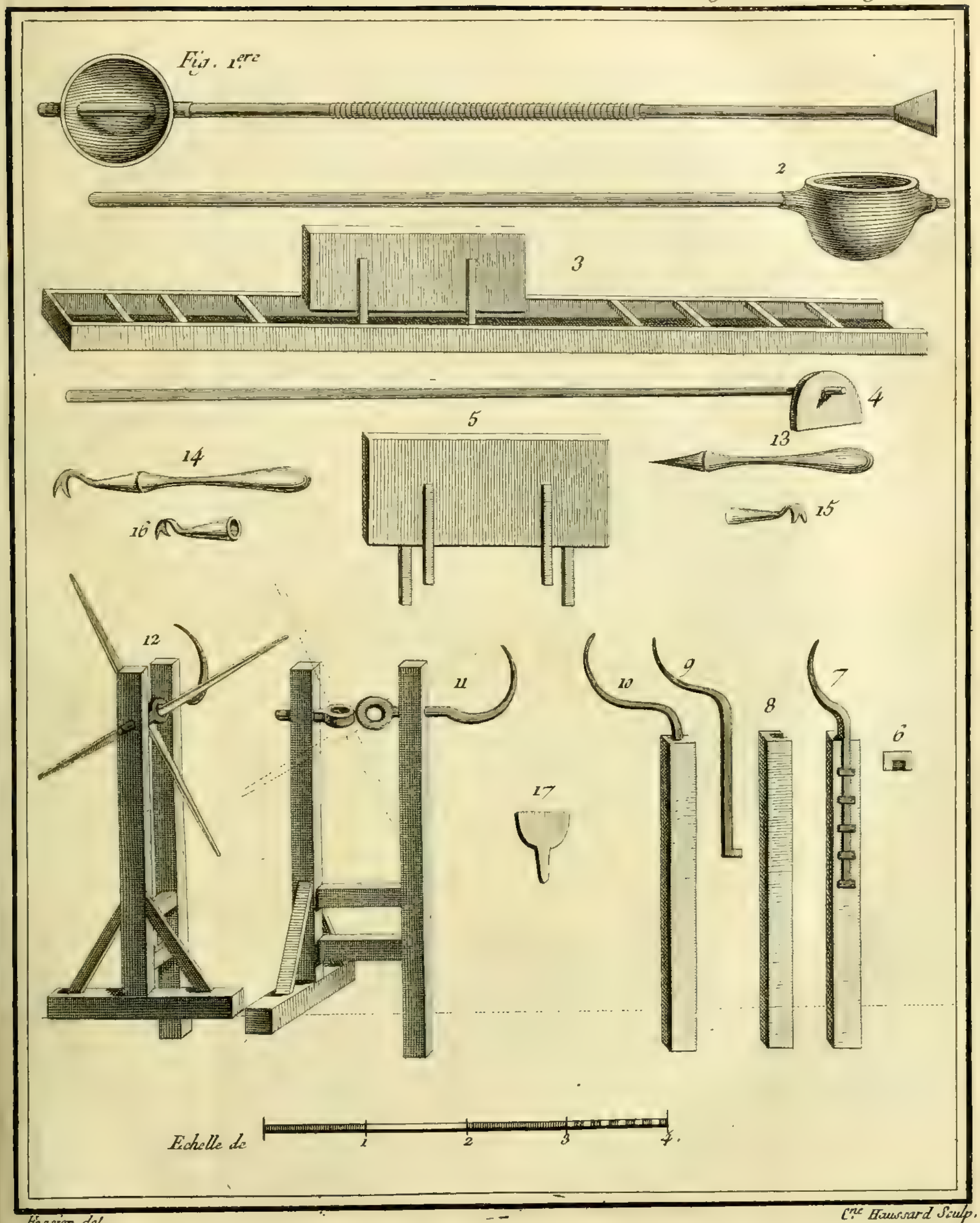
Elth. Haussard Sculp.


Coupe Sur la Ligne
A B C D E F G H
N.° I.
9
8
9
8
3
2
10
4
5
6
11
12
13
Echelle de Six Toises
1
2
3
4
5
6



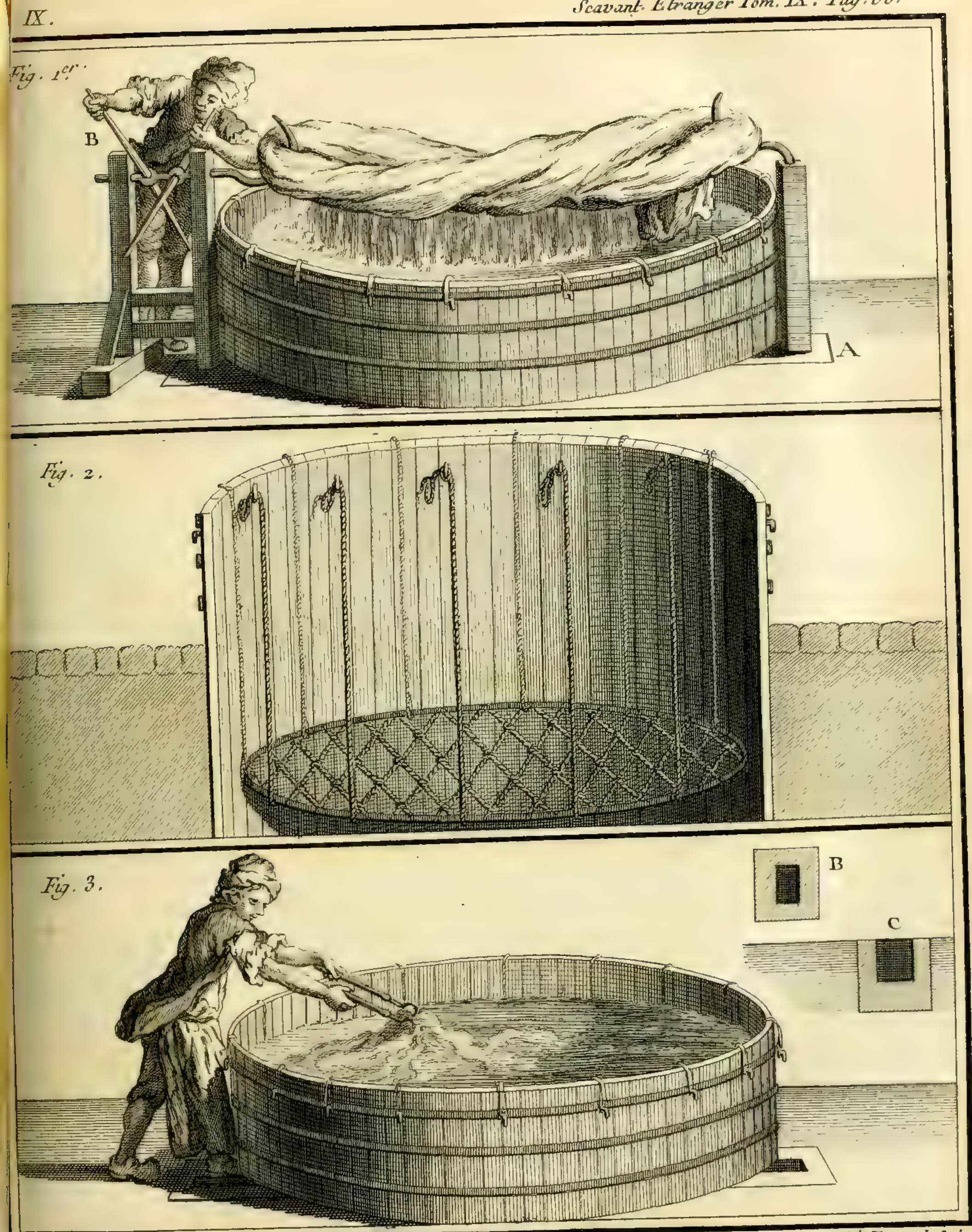
Fossier Del.
C.ne Haussard Sculp.





Fossier del. Cne Haussard Sculp.





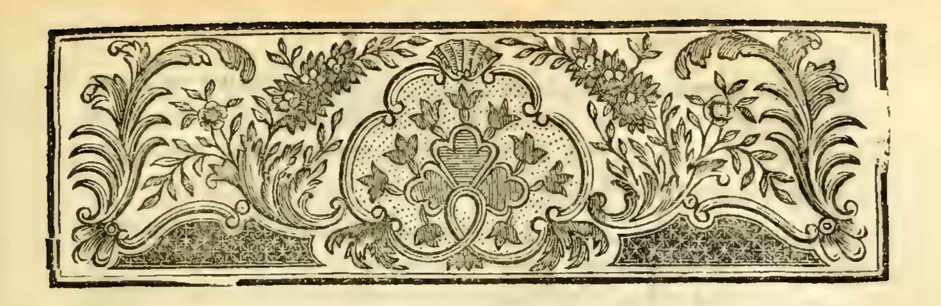
Fossier del.

El.th Haussard Sculp



MÉMOIRE
SUR
L'INDIGO,
TEL QU'IL EST DANS LE COMMERCE, POUR L'USAGE DE LA TEINTURE.

Par MM. Hecquet d'Orval, Entrepreneur d'une Manufacture de Moquette, à Abbevillede, & Ribaucour, Apothicaire de la même Ville.



MÉMOIRE
SUR
L'INDIGO.

Felix qui potuit rerum cognoscere causas. *VIRG. Georg.*

L'Indigo est une fécule qu'on extrait de l'Anil dans les Indes Occidentales par un procédé que nous décrirons plus loin.

On en distingue plusieurs espèces dans le Commerce, qui diffèrent essentiellement entr'elles, en raison du plus ou moins de parties colorantes qu'elles rassemblent sous le même volume donné : savoir, l'Indigo Guatimalo, dont le plus beau est connu sous le nom *de Flore;* l'Indigo de Saint-Domingue, dont on distingue particulièrement deux sortes, le Bleu, & le Cuivré; enfin la troisième espèce, est celui de la Caroline.

Le flore est de tous les Indigos le plus beau; il porte un bleu vif; sa pierre n'a point d'écorce, elle est de même couleur à sa surface que dans son intérieur, petite, d'une texture rare, & spécifiquement plus légère que l'eau.

L'Indigo bleu est celui qui a le plus de rapport avec le flore; il en diffère en ce que son bleu est moins franc, tirant

K ij

plus ſur le marron; ſa pierre eſt plus groſſe, recouverte d'une écorce d'un bleu plus ardoiſé que l'intérieur, & ſa texture eſt un peu plus compacte. Il n'en eſt cependant pas moins encore ſpécifiquement plus léger que l'eau.

L'Indigo cuivré, prend ſon nom de la couleur du cuivre rouge, qu'il préſente dans ſa caſſure. Il porte une écorce comme le dernier, d'un bleu cependant encore plus ardoiſé; il eſt plus compact, & ſpécifiquement plus peſant que l'eau. L'Indigo de la Caroline eſt d'un bleu plus ardoiſé tant extérieurement qu'intérieurement.

Les ſignes extérieurs auxquels on reconnoît les différentes qualités d'Indigo, ſont donc, la couleur, la texture, & la peſanteur ſpécifique; mais le ſigne commun à tous, & qui diſtingue cette matière de toute autre ſubſtance bleue qu'on voudra lui ſubſtituer, eſt l'impreſſion cuivrée que laiſſe l'ongle en frottant ſa ſurface.

Nous ne nous étendrons pas ſur l'hiſtoire naturelle de l'Anil, elle eſt trop connue: Nous jeterons ſeulement un coup-d'œil rapide ſur la manière dont on en extrait l'Indigo. Les Réflexions que nous ferons ſur les différentes circonſtances de ce procédé, jeteront déjà quelques lumières ſur la nature de cette fécule, &, après avoir ouvert la voie à nos expériences, apuyeront les Concluſions que nous en aurons déduites. Elles nous indiqueront en même temps les moyens dont on pourroit ſe ſervir pour parvenir à extraire des végétaux de notre Climat de quoi ſuppléer à l'Indigo.

Préparation de l'Indigo.

« Pour faire cette fécule, dit *M. Hellot*, on a trois cu-
» ves l'une au-deſſus de l'autre en manière de caſcade; dans
» la première qu'on appelle *trempoire*, ou *pourriture*, &
» qu'on remplit d'eau, on met la plante chargée de ſes feuil-
» les, de ſon écorce & de ſes fleurs; au bout de quelque
» temps le tout fermente, l'eau s'echauffe & bouillonne,

» s'épaissit, & devient d'une couleur bleue tirant sur le vio-
» let; pour lors on ouvre les robinets de la trempoire, &
» l'on en fait sortir l'eau chargée de toute la substance colo-
» rante de la plante: dans la seconde cuve appelée *la Batte-*
» *rie*, parce qu'on y bat cette eau avec un Moulin à palettes,
» pour condenser la substance de l'Indigo, & la précipiter
» au fond; on ouvre les robinets de cette Cuve, pour en
» faire écouler l'eau jusqu'à la superficie de la fécule bleue;
» après quoi, on ouvre d'autres robinets qui sont au plus bas,
» afin que toute la fécule tombe au fond de la troisième
» cuve, appelée reposoir, parce que c'est là où l'Indigo se
» repose & se desséche. »

Dans cette opération, la plante mise dans la trempoire, y éprouve un mouvement de fermentation si considérable, que l'eau s'échauffe & bouillonne; les parties muqueuses sont détruites; il se développe un acide, qui, devenant le conducteur & l'accélerateur de la fermentation, la mène jusqu'à la putréfaction; à ce moment se forment les alkalis volatils, qui, s'unissant à l'acide, produisent des sels ammoniacaux; les résines se décomposent en partie; leurs débris chargés de la partie colorante, qu'elles ont jusqu'alors défendue de la putréfaction, se déposent avec un peu de la terre du végétal: quant à la partie colorante jaune dont la réunion avec le bleu formoit le verd dans la plante, elle est détruite, parce qu'elle étoit unie à la partie muqueuse. Le point essentiel est d'arrêter à propos cette fermentation; si l'on ne la laisse pas aller assez loin, la résine n'est pas assez décomposée; l'aggrégation des autres substances à la terre n'étant pas rompue, empêche cette dernière de se précipiter; si on la laisse aller trop loin, alors la putréfaction étant complète la partie colorante, la résine seront détruites. C'est ce qui sera évidemment démontré dans la suite de ce Mémoire.

Des réflexions que nous venons de faire sur le procédé de la préparation de l'Indigo, nous concluons que c'est une fécule composée d'une substance résineuse, en partie décom-

posée, que nous nommerons oléo-résineuse, servant de véhicule à la partie colorante, d'une terre, de sels amoniacaux, & de quelques parties extractives qui ont echappé à la putréfaction, ce que les expériences suivantes vont prouver.

Première Expérience.

On s'assurera facilement de l'existence des sels ammoniacaux; il suffit de broyer l'Indigo avec la chaux pour en dégager abondamment l'alkali volatil.

Deuxième Expérience.

L'Indigo mis sur les charbons ardens, brûle avec une flamme très-vive, accompagnée de fumée & de suie, & laisse un résidu charbonneux fort considérable. Quatre onces ainsi brûlées, ont laissé deux onces trois gros & demi de charbon, qui a fourni cinq gros & demi dix grains de cendres, d'où nous avons extrait vingt-huit grains de tartre vitriolé, & pas un atome d'alkali fixe.

Trosième Expérience.

Quatre onces d'Indigo distillées dans une cornue, ont donné, une once trente-neuf grains d'alkali volatil en liqueur, un gros quatorze grains d'huile Enepyreumatique, & la même quantité de charbon, de cendre, & de tartre vitriolé que ci-dessus. Nous observerons que l'incinération parfaite de ce charbon est très-longue.

Quatrième Expérience.

Quatorze onces trois gros Indigo flore, bouilli dans une fort grande quantité d'eau, ont fourni, par le filtre, une liqueur de couleur fauve foncée, qui évaporée en consistance requise, a donné un gros soixante grains d'extrait. L'Indigo

s'eſt trouvé peſer, après ſon exſiccation parfaite, treize onces ſix gros. Loin que ſa couleur ait ſouffert de cette opération, ſon bleu étoit au contraire infiniment plus beau, & preſque noir, tant il avoit d'intenſité.

La même quantité d'Indigo bleu a fourni ſix gros d'extrait, & l'Indigo ſéché peſoit treize onces un gros.

L'Indigo cuivré a fourni la même quantité d'extrait & s'eſt trouvé, après ſon exſiccation, du même poids que le précédent.

Quoique ce lavage ait ajouté à la beauté de ces trois eſpèces d'Indigo, il eſt cependant facile de les diſtinguer, ils conſervent le même ordre; le flore eſt d'un bleu plus franc, plus vif; le bleu eſt plus brun; le cuivré beaucoup plus encore.

En réfléchiſſant ſur cette Expérience, on obſerve que, ſoit que la fermentation que l'on emploie à Saint-Domingue pour préparer l'Indigo, ne ſoit pas pouſſée auſſi loin qu'on le fait à Guatimalo; ſoit que la partie extractive ſe trouve plus abondante dans l'Anil de Saint-Domingue, à raiſon peut-être du ſol ou du choix des parties de la plante, & du temps de la récolte; ſoit enfin que, pour toutes ces raiſons, la partie réſineuſe ſe trouve ou plus abondante, ou moins atténuée, il n'en paroîtra pas moins vrai de dire que c'eſt à ces différences qu'eſt dûe celle qui diſtingue ces trois eſpèces d'Indigo.

L'expérience, que nous venons de rapporter, éprouve de grandes difficultés dans ſa manipulation, à cauſe de la promptitude avec laquelle la matiere extractive entre en fermentation, & putréfie les filtres pour peu qu'elle y ſéjourne; la grande diviſion qu'acquiert une partie de l'Indigo pendant l'ébulition le mettant d'ailleurs en état de pénétrer dans les pores du filtre, & par-là s'oppoſer au paſſage de la liqueur, rend cette opération très-longue. Son importance nous a fait

chercher, & nous avons trouvé une méthode plus facile & plus prompte dont nous allons rendre compte.

Après avoir réduit en poudre & paſſé au tamis de ſoie, l'Indigo, nous l'avons fait bouillir pendant un quart d'heure dans quinze fois ſon poids d'eau, remuant continuellement avec une ſpatule, afin qu'il ne ſe brûlât pas au fond de la baſſine; nous avons enſuite verſé le tout dans une terrine, &, après l'avoir laiſſé refroidir, nous avons verſé la liqueur qui ſurnageoit l'Indigo, ſur une toile ſerrée; ſitôt qu'elle fut paſſée, ce qui ne fut l'ouvrage que d'un inſtant, nous fîmes tomber ſur la toile l'Indigo, & l'y laiſſâmes s'égoûter & ſécher.

Cinquième Expérience.

L'ESPRIT-DE-VIN mis en digeſtion à chaud ſur l'Indigo, en extrait une teinture pourpre très-foncée, qui laiſſe par l'évaporation ſpontanée, une ſubſtance de couleur marron, graſſe au toucher, dont une partie ſe délaye plutôt qu'elle ne ſe diſſout, dans l'eau, qu'elle rend laiteuſe; l'autre partie reſte au fond du vaſe, ſous la forme d'une ſubſtance huileuſe brune; cette teinture, qui eſt très-tranſparente, ſe trouble à meſure qu'elle s'évapore. La ſubſtance huileuſe eſt en très-petite quantité, huit onces d'eſprit-de-vin digérées à chaud & à pluſieurs repriſes ſur une demi-once d'Indigo lavé, l'ont épuiſé de maniere qu'il n'en coloroit plus de nouveau & cependant l'Indigo ſéché peſoit encore trois gros ſoixante-huit grains; cette grande quantité d'eſprit-de-vin, ne lui avoit donc enlevé que quatre grains de ſubſtance. L'Indigo eſt encore ſorti de cette expérience plus beau qu'il n'étoit auparavant.

Sixième Expérience,

L'ÉTHÈR VITRIOLIQUE, digéré à une très-douce chaleur ſur l'Indigo, ſe colore de même en pourpre, il faut une prodigieuſe quantité d'éthèr, encore n'avons-nous pu parvenir à

n'avoir

n'avoir plus de teinture. L'évaporation ſpontanée, laiſſe une ſubſtance oléo-réſineuſe brune, ſoluble en entier dans l'eſprit-de-vin. L'Indigo n'eſt nullement décoloré; &, après ſa deſſication, on trouve une quantité aſſez conſidérable de ſel ammoniacal qui s'eſt cryſtalliſé pêle-mêle avec lui en aiguilles auſſi blanches que brillantes & déliées.

Septième Expérience.

L'HUILE D'OLIVE ſe colore en rouge ſur l'Indigo, on la croiroit teinte par une médiocre quantité d'orcanette. Notre fécule ne reçoit encore aucune altération par cette Expérience.

Huitième Expérience.

L'ACIDE VITRIOLIQUE diſſout complétement l'Indigo, avec effervescence & chaleur, il s'en dégage une odeur d'acide ſulphureux-volatil.

Pour bien faire cette diſſolution, il faut mettre l'Indigo réduit en poudre, dans un vaſe de verre ou de terre cuite, verſer deſſus une partie de l'acide, agitant continuellement le mêlange, continuer ainſi à verſer peu-à-peu le reſte de l'acide & laiſſer enfin repoſer, pendant vingt-quatre heures, cette diſſolution; nous verrons ailleurs la néceſſité d'attendre ainſi, avant d'employer cette diſſolution, & l'inconvénient qu'il y a auſſi à la garder plus long-tems; nous n'ôterons ici qu'un moyen de l'opérer plus promptement & plus ſûrement, c'eſt de mettre avec l'Indigo quelques gouttes d'une diſſolution déjà faite. L'huile de vitriol qu'on emploie, doit peſer le double du même volume d'eau, & la proportion de l'Indigo, avec elle, doit être d'un à huit, & ce doit être l'Indigo flore.

Neuvième Expérience.

SI l'on verſe de l'huile de tartre par défaillance, ſur trois

onces de la diſſolution ci-deſſus, étendue de deux livres d'eau, juſqu'à parfaite ſaturation de l'acide, il ſe fera un précipité, qui, recueilli ſur un filtre, paroîtra aſſez abondant, gras au toucher, d'un bleu très-foncé. La liqueur paſſera rouſſe. Si on verſe de l'eau ſur ce précipité pour le deſſaler, elle en entraînera une partie qui lui communiquera une couleur bleue très-brillante, mais qui, n'étant point véritablement diſſoute, ſe précipitera ſous ſa première forme. Ce précipité bien ſéché, ſe réduit à un très-petit volume; ſa ſurface eſt cuivrée. Si, dans cet état, on le délaie dans l'eau, elle paroîtra en diſſoudre une partie, & laiſſer l'autre ſous ſa première forme. L'eſprit-de-vin le diſſout en entier, & s'y colore du bleu le plus brillant. L'éthèr vitriolique y prend une légère teinte bleue, qui prouve que s'il ne le diſſout pas complétement, il en attaque au moins une partie. L'évaporation de la liqueur fournit du tartre vitriolé, & une fort grande quantité de ſel ammoniacal en aiguilles ſoyeuſes; enfin une eau mere rouſſe. Si l'on verſe plus d'alkali fixe qu'il n'en faut pour ſaturer l'acide, alors on obtient d'autant moins de précipité qu'on a plus mis d'alkali; on n'en obtient enfin qu'une très-petite quantité, d'un roux ſale, ſi on a outre-paſſé de beaucoup le point de ſaturation, ce qui rend cette Expérience très-difficile à faire en petit, il faut alors ceſſer de verſer de l'alkali fixe auſſitôt qu'on approche du point de ſaturation, la liqueur ſera encore bleue & tranſparente; mais, en peu de tems, on verra ſe former le précipité, & la liqueur ſera devenue rouſſe. Si l'on ſaturoit parfaitement l'acide, le précipité pourroit être décoloré, mais ne verſa-t-on qu'une ſeule goutte d'alkali fixe de trop, il le ſeroit certainement.

Si au lieu de l'alkali végétal, on emploie celui de la ſoude, le précipité ſera beaucoup plus abondant, d'un bleu plus foncé & plus brillant, plus onctueux, très-difficile à ſécher, & très-cuivré. La liqueur ſera bleue. Si l'on verſe de l'eau ſur ce précipité, elle en ſortira bleue, comme dans l'Expérience ci-deſſus, & dépoſera de même en partie ſa cou-

leur. L'esprit-de-vin, l'éthèr même qui avoit à peine effleuré le premier, dissolveront celui-ci en entier, & s'y coloreront en bleu le plus brillant. Toutes ces propriétés caractérisent une substance de nature résineuse, & confirment ce que nous avons avancé de l'union de la partie colorante à une substance de cette nature, l'acide qui les avoit dissoutes à la faveur de leur adhérence à la terre, les abandonne pour s'unir à l'alkali fixe qu'on lui présente. L'évaporation de la liqueur donnera du sel de glauber & le même sel ammoniacal que ci-dessus; il se déposera, pendant toute sa durée dans l'une & l'autre opération, une substance terreuse, d'un gris sale dans la première, d'un bleu pâle dans celle-ci, & à raison de la couleur bleue que conserve la liqueur, il restera une eau-mere bleue.

L'existence de la terre, & celle des sels ammoniacaux, est incontestablement prouvée par cette Expérience.

Nous y voyons aussi que l'alkali de la soude, jouit, avec l'acide vitriolique, du privilége important de ne point altérer la couleur de l'Indigo. Il faut bien noter cette propriété de l'alkali minéral, elle nous conduira à une découverte intéressante. On ne risque jamais ici de décolorer, comme ci-dessus, le précipité par l'excès d'alkali, on peut, à cet égard, en mettre tant qu'on veut; mais on tombe dans un autre inconvénient, celui de réduire cette substance résineuse dans l'état savonneux, & d'en diminuer d'autant la précipitation; le peu qu'on en obtient, devient d'ailleurs soluble dans l'eau, à raison d'un peu d'alkali qu'il a retenu, car comme on le sait, les précipités retiennent toujours une partie des substances précipitantes, & participent par conséquent à leurs propriétés.

Nous avons dit que la surface de nos précipités étoit cuivrée, comme nous avons observé qu'ils n'ont cette couleur qu'à mesure qu'il se sont raprochés en séchant, nous l'attribuons à l'intensité de la partie colorante, qui n'est ici étendue

que par la ſubſtance réſineuſe, on croiroit être en droit de concIure de-là, que la couleur cuivrée doit diſtinguer le plus bel Indigo, comme le penſent pluſieurs Artiſtes; mais nous croyons au contraire, que cette couleur n'eſt dûe qu'au raprochement des parties, puiſque l'Indigo bleu cuivre lorſqu'on le frotte avec l'ongle, & que le plus cuivré, eſt auſſi le plus compact.

Dixième Expérience.

L'ACIDE NITREUX diſſout l'Indigo avec une efferveſcence des plus vives; il le décolore dès qu'il le touche; la diſſolution eſt pourpre. L'alkali fixe en précipite une ſubſtance terreuſe de couleur de rouille de fer, ſoluble avec efferveſcence, même par l'acide du vinaigre.

Onzième Expérience.

L'ACIDE MARIN, agit avec moins d'activité que le précédent; ſa diſſolution eſt pourpre; le précipité de même couleur que le précédent, eſt, comme lui, ſoluble par tous les acides.

Douzième Expérience.

L'ACIDE DU VINAIGRE, tenue en digeſtion à chaud, pendant douze heures, ſur l'Indigo, ne l'a point attaqué.

Treizième Expérience.

L'ALKALI FIXE VÉGÉTAL verſé ſur l'Indigo, en dégage à l'inſtant de l'alkali volatil, il ſe fait une efferveſcence conſidérable, qui, ſi on le tient en digeſtion à chaud, pendant trois heures, continue avec la même force; l'alkali fixe acquiert une couleur brune. Si l'on verſe ſur l'Indigo de nouvelle liqueur alkaline, elle s'y colore encore; mais à la troiſième fois elle n'en extrait plus rien. Ce menſtrue n'agit donc point

ſur cette fécule, il ne fait que s'y phlogiſtiquer, comme le prouve la diſſolution du vitriol de mars, avec laquelle il fait du bleu de Pruſſe, & décompoſe une partie des ſels ammoniacaux. On ſeroit tenté de croire, qu'en le laiſſant digérer plus long-temps, il pourroit attaquer l'Indigo; mais nous l'avons traité ainſi vainement pendant cinq jours.

Quatorzième Expérience.

Les alkalis cauſtique, marin & volatil, agiſſent de même; & l'Indigo eſt ſorti très-beau de toutes ces Expériences.

Quinzième Expérience.

Les sels neutres n'ont aucune action, & leurs ſolutions n'agiſſent que comme l'eau.

Seizième Expérience.

Si l'on met de l'eau ſur l'Indigo, & qu'on les laiſſe macérer à froid, elle ſe charge en peu de temps de ſes parties extractives & ſalines, acquiert une couleur rouſſe, une odeur fétide, & dans ce moment une couleur légèrement verdâtre. Après un temps très-conſidérable, (*huit mois*) l'odeur ſe diſſipe, & la liqueur redevient claire & ſans couleur, l'Indigo paroît noirâtre au premier aſpect & préſente quelques petits points blancs, qui annoncent que ſa partie colorante a ſouffert quelque altération; mais, en l'écraſant entre les doigts, le beau bleu dont il les colore, prouve que, s'il a ſouffert, ce n'eſt qu'à la ſurface qui touchoit immédiatement le liquide.

Dix-ſeptième Expérience.

Si on procède de même avec l'urine, alors, à meſure que ſa putréfaction produit de l'alkali volatil, la liqueur ſe colore en un verd que la chaux rend bleu.

Dix-huitième Expérience.

La fermentation spiritueuse n'a ni diſſout, ni altéré l'Indigo. La matière de cette fermentation fut la melaſſe.

Dix-neuvième Expérience.

Cette même fermentation pouſſée juſqu'à l'acide, n'a eu aucune action ſur lui.

Quant à la fermentation putride, nous verrons à l'article des cuves, qu'elle détruit abſolument ſa couleur, mais il faut que la putréfaction ſoit complète.

Il réſulte des Expériences ci-deſſus, que l'Indigo eſt compoſé d'une terre calcaire, à laquelle eſt unie une partie oléo-réſineuſe colorée en bleu, d'un peu de matière extractive, & de beaucoup de ſel ammoniacal, dont au moins partie a pour baſe l'acide vitriolique. Enfin, d'après les propriétés de cette fécule, il paroît qu'on peut parvenir à l'imiter. Il s'agit de trouver des végétaux dans leſquels la partie bleue ſoit abondante, unie à une partie réſineuſe, & la partie jaune au contraire aux parties muqueuſes; de détruire ces dernières, & décompoſer en partie la réſine colorée de bleu par un mouvement de fermentation putride arrêté à propos.

Conduit par ces idées, nous avons jeté les yeux ſur la claſſe des plantes crucifères, parmi leſquelles nous avons choiſi le raifort ſauvage, pour examiner qu'elle ſeroit ſa fécule. Nous avons empli de ces feuilles une petite cuve de bois, nous leur avons appliqué, dans les plus grandes chaleurs de cet Été, le procédé décrit pour l'extraction de l'Indigo, & nous avons obtenu une fécule verte, qui, étant ſéche, avoit, à la couleur près, beaucoup de reſſemblance avec l'Indigo, cuivroit comme lui ſous l'ongle, ſe diſſolvoit avec effervefcence dans les acides vitrioliques & nitreux, mais ne différoit eſſentiellement en ce qu'elle ſe diſſolvoit pour la plus grande

partie dans l'esprit-de-vin qu'elle coloroit d'ailleurs en verd. En répétant le même procédé, & laissant aller la fermentation plus loin, nous avons eu une fécule plus terreuse quoique toujours verte, & encore soluble dans l'esprit-de-vin : ce qui nous a fait penser que les deux parties colorantes étoient également unies à la résine.

Les différentes Expériences faites sur l'Indigo, dont nous venons de rendre compte, en développant sa nature, font aussi connoître combien il est difficile de dissoudre cette fécule en entier, & de conserver en même tems sa couleur; l'eau *(Expérience XVII)*, n'en dissout que la partie extractive qui a échapé à la fermentation lors de la préparation; l'esprit-de-vin *(Expérience V)*, l'éthèr *(Expérience VI)*, & les huiles *(Expérience VII)*, n'en extraient qu'un peu de partie résineuse; l'acide nitreux *(Expérience X)*, dissout l'Indigo en entier, mais il en détruit toute la couleur; l'acide marin *(Expérince XI)*, a la même action; l'acide végétal *(Expérience XII)*, n'en a aucune; l'acide vitriolique est donc le seul qui le dissolve parfaitement & sans l'altérer *(Expérience VIII)*. Cette dissolution étendue dans l'eau, donne une teinture diaphane, d'un bleu élégant, & les matières qu'on y veut teindre n'exigent aucune préparation antécédente, il suffit de les avoir fait bouillir dans l'eau pour en dilater les pores; après cette préparation commune à toute les teintures, on les plonge dans le bain que l'on a chargé d'une quantité de dissolution d'Indigo proportionnelle à la nuance de bleu qu'on veut obtenir; elles s'y teignent d'un bleu très-agréable, mais aussi, peu solide, connu sous le nom de bleu de Saxe. L'état salin, sous lequel est l'Indigo dans cette teinture, la rend d'autant plus susceptible de l'impression de l'air, que cette espèce de sel est avec excès d'acide : aussi observe-t-on dans la pratique, que si l'on emploie cette dissolution immédiatement après qu'elle est faite, le bleu qui en résulte est plus vif, mais en même-tems moins solide; l'union que l'acide vitriolique vient de former avec l'Indigo étant encore

toute récente, cet acide n'eſt point autant engagé dans cette fécule, que lorſque la diſſolution a repoſé quelque tems; il en conſerve d'autant plus ſon affinité avec l'eau, & il n'eſt pas rare de voir des matières teintes avec une diſſolution trop récemment faite, perdre, en ſéchant, une partie de leur couleur. C'eſt à l'occaſion de cette teinture qu'il eſt particulièrement vrai de dire avec *M. Hellot,* que l'action du froid ſur les matières qui viennent d'être teintes, eſt une des cauſes qui contribuent à fixer la coleur; la particule ſaline colorante eſt ici à un tel point de ténuité qu'elle eſt, pour ainſi dire, vacillante dans le pore qu'elle occupe tant que les matières teintes ſont encore chaudes; ſi l'on n'a pas l'attention de les jeter dans l'eau froide, ou de les éventer rapidement immédiatement au ſortir du bain teignant, la couleur s'élave, & l'étoffe ſera ondée.

Il eſt aiſé d'après ces obſervations d'apprécier le peu de ſolidité de cette teinture, & l'on ne doit point ſe flatter de la fixer & lui conſerver en même-tems ſon éclat; pour y réuſſir, il faudroit, après la teinture faite, neutraliſer l'acide qui eſt uni à l'Indigo; ce ſeroit faire à grands frais le bleu ſolide connu dans le Commerce ſous le nom *de bleu de cuve,* & il auroit encore moins d'éclat que ce dernier. Nous avons cependant fait cette Expérience, nous avons trempé dans une légère leſſive d'alkali fixe végétal, des laines teintes en bleu de Saxe, la couleur en perdant ſon éclat, eſt devenue plus ſolide, le bleu a pris un ton ardoiſé qui le rapprochoit du bleu de cuve.

S'il eſt important de ne point employer la diſſolution d'Indigo immédiatement après qu'elle eſt faite, il ne l'eſt pas moins de ne point trop la laiſſer vieillir; avec le tems, l'acide vitriolique, par ſon action continuée ſur la partie colorante, en détruit une partie, & fait verdoyer l'autre en ſe phlogiſtiquant aux dépens de la première. Nous pouvons aſſurer, avec vérité, que ſi l'on ne ſe ſert de cette diſſolution que quinze jours après qu'elle eſt faite, il en faudra un quart de

plus

plus pour produire le même ton de couleur, encore sera-t-elle moins vive que si la dissolution n'avoit que deux jours. Ce n'est point seulement dans la dissolution que l'acide agit sur la partie colorante, dans le bain même où l'on teint, si l'on fait bouillir trop, ou trop long-tems, le bleu au lieu d'augmenter, baissera de nuance & verdoyera.

Il n'y a point à regretter que les autres acides n'aient point sur l'Indigo la même action que l'acide vitriolique; car quand plus heureux, ou plus industrieux que nous, quelqu'un parviendroit à le dissoudre dans l'acide du vinaigre, cette dissolution eût-elle le même éclat que celle faite par l'acide vitriolique, la teinture qui en résulteroit, n'en seroit pas plus solide. L'alkali volatil fournit un dissolvant bien plus parfait; comme l'acide vitriolique, il dissout complétement l'Indigo; comme lui, il porte la molécule colorante qu'il tient en dissolution, dans le pore de la matière que l'on teint : mais il ne conserve d'union avec elle, que le temps nécessaire pour l'affermir dans le pore où il vient de l'introduire, il la quitte bientôt après, & la rend à son premier état d'indissolubilité; c'est-à-dire, que l'eau, les acides, les huiles, n'ont plus d'action sur elle. Mais le moyen d'opérer cette dissolution, n'est point un moyen simple; car, comme nous l'avons vu, *(Expériences XIII, XIV, XV,)* les alkalis fixes & volatils, appliqués sur l'Indigo par la voie des digestions, n'ont eu aucune action sur lui; c'est du sein même de cette fécule, qu'il faut dégager l'alkali volatil qui doit la dissoudre, & par les mêmes moyens qui mettront en jeu la chaux, ou l'alkali fixe, qui serviront à décomposer les sels ammoniacaux dont nous avons prouvé l'existence dans l'Indigo, l'atténuer au point qu'il n'oppose aucune résistance à l'alkali volatil qui doit le dissoudre.

Les moyens, qui remplissent ces deux indications, sont un mouvement d'effervescence qu'on suscite dans le vaisseau, où l'Indigo attend sa dissolution; ou un mouvement de fermentation combiné avec le premier, en mettant avec l'Indigo des matières qui peuvent le produire.

Le bleu qu'on obtient, par ces différens procédés, eſt connu dans le commerce ſous le nom *de bleu de cuve*, & cette dénomination emporte avec elle l'idée d'un bleu ſolide; ce qui a déterminé cette déſignation, eſt que cette couleur ſe prépare dans de grands vaiſſeaux de bois, ou de cuivre, qu'on appelle cuves; &, ſuivant la méthode dont on ſe ſert pour y diſſoudre l'Indigo, ces cuves prennent chez les teinturiers différens noms : celles où les effervefcences ſont les ſeuls moyens employés pour déterminer la diſſolution de l'Indigo, s'appellent *cuves à froid;* ce ſeront les premières dont nous traiterons, parce que leur procédé eſt le plus ſimple, & qu'il jette beaucoup de jour ſur ceux où l'on s'aide d'un mouvement de fermentation pour parvenir à la même diſſolution.

Nous avons, comme *M. Hellot*, monté cette cuve en petit, dans les proportions ſuivantes.

Cuves à froid.

NOUS AVONS FAIT FONDRE, dans deux livres d'eau, une once & demie de couperoſe verte, nous avions fait digérer pendant trois heures à chaud, une once & demie d'Indigo, dans une autre livre d'eau chargée d'une once & demie de potaſſe; nous avons verſé ce dernier mêlange dans le vaſe où étoit la couperoſe fondue, & ſitôt après nous y avons jeté une once & demie de chaux éteinte à l'air; après avoir brouillé le tout avec une ſpatule, nous l'avons laiſſé repoſer; deux heures après, nous avons encore rebrouillé le tout pendant quelques momens.

Dès le moment où ces divers mêlanges ont été faits, il s'eſt excité un mouvement d'effervefcence très-ſenſible, qui ſe ralentiſſant peu-à-peu, a permis aux précipités, qui ſe font dans cette opération, de s'affaiſſer. Cet affaiſſement, n'eſt total, & bien égal, que quand l'effervefcence eſt entièrement diſſipé; telle attention que nous ayions apportée

toutes les fois que nous avons fait cette opération, il ne nous a pas été possible d'observer, comme *M. Hellot*, l'ordre qu'il assigne aux différens précipités qui se font ici; les parties calcaires, & les parties métalliques, se sont toujours, dans les divers essais que nous avons faits, précipitées pêle-mêle; &, jusqu'au moment de leur précipitation, ils restoient suspendus dans la liqueur avec l'Indigo, & nous n'avons vu ni le boursoufflement de cette substance, ni le précipité d'une de ses parties annoncées par *M. Hellot.* Nous avons au contraire constamment observé que la dissolution étoit toujours faite quand les précipités avoient fait toute la retraite qu'ils pouvoient faire; & quand alors la dissolution n'est point faite, l'opétion est manquée, & nous n'avons jamais pu la faire réussir.

Le bain, qui surnage les précipités, est jaune verdâtre; si l'on en prend dans une cuiller, ou dans un verre, il verdit parfaitement & prend enfin la couleur bleue; sa surface est cuivrée, couverte d'écume bleue. Cette cuve est à-peu-près, en tems chaud, quatre heures à venir, au moins en majeure patie, car il en faut, près de vingt-quatre pour que les précipités soient totalement affaissés, & que par conséquent l'effervescence & la dissolution, qui en est le résultat, soient absolument finies.

Le simple exposé du procédé, semble en développer tout le méchanisme. Du mêlange fait en même tems de la chaux, de l'alkali fixe, & du vitriol martial, il résulte nécessairement qu'une partie de l'acide vitriolique s'unira à l'alkali fixe, qu'une autre se joindra à des molécules calcaires, qui se trouveront dans son voisinage : par le mouvement qui résulte de ces différentes unions, des molécules alkalines encore libres, venantes à rencontrer ces sels à base terreuse les décomposeront; & pendant que tout ceci se passe d'un côté, des molécules tant calcaires terreuses, que calcaires métalliques, & & alkalines attaqueront les sels ammoniacaux de l'Indigo, & formeront encore de nouvelles combinaisons dont il n'y aura de durables, que celles faites par les alkalis fixes; toutes

les autres feront encore décompofées, & l'alkali volatil rendu libre, diffoudra l'Indigo, qui, atténué tant par la cuite, que par les effervefcences extranées, & par celles qui fe font opérées même dans fon fein, n'oppofera aucune réfiftance au diffolvant qui l'attaque, & qui lui imprime le figne de diffolution dont l'alkali volatil marque toutes les teintures bleues auxquelles il s'unit; comme elles, la diffolution de l'Indigo fera verte, fi l'alkali volatil ne furabonde point, & s'il furabonde, ou fi l'atténuation de l'Indigo a été portée au dernier degré, cette diffolution fera jaune; c'eft fous la première couleur, & dans cet état de diffolution, que cette matière paffera dans les pores des laines ou étoffes que l'on tiendra dans ces cuves; mais auffi-tôt qu'elles fortiront du bain, l'alkali volatil s'évapore, & les molécules d'Indigo feront rendues à leur première couleur, & à leur état d'indiffolubilité.

Il fembloit naturel de penfer que l'effervefcence étant ici l'unique moyen qui détermine la diffolution, on pouvoit l'appliquer d'une manière plus fimple, qu'un acide à nud devoit produire le même effet qu'engagé dans une bafe. Nous avons vérifié cette conjecture par l'expérience; fans rien changer d'ailleurs au procédé que nous venons de décrire, nous avons au-lieu de vitriol, employé l'acide vitriolique à nud, l'effervefcence fut très-violente, mais de courte durée, & il ne fe fit aucune diffolution. Nous avons fait le même effai, mais fans plus de fuccès, avec l'acide du vinaigre. Sans doute que le trouble qu'occafionnent des effervefcences auffi violentes, s'oppofe à l'union de l'alkali volatil avec l'Indigo, ou la détruit dans le même moment où elle vient de fe former; peut-être auffi la violence de l'effervefcence ne fupplée-t-elle pas à fon peu de durée.

Il eft donc néceffaire que l'acide qu'on emploie, foit engagé dans une bafe, que cette bafe foit calcaire ou métallique, comme nous l'allons voir dans les Expériences fuivantes.

Nous avons eſſayé ſans ſuccès, à differentes repriſes, de ſubſtituer l'alun au vitriol martial; la baſe de ce ſel étant argilleuſe, elle eſt ſans action ſur les ſels ammoniacaux contenus dans l'Indigo, & s'interpoſant d'ailleurs entr'eux, & les molécules calcaires ou alkalines, elle les défend de l'action de ces derniers.

Cuves à froid, avec l'acide végétal.

Convaincus par l'expérience de la néceſſité d'une baſe calcaire, nous avons tenté ce même procédé en ſubſtituant au vitriol martial douze onces de vinaigre ſaturé de craie; il ſe fit une efferveſcence, & bientôt après un précipité; nous attendîmes inutilement la diſſolution de l'Indigo; nous goûtâmes la liqueur qui étoit tranſparente; &, remarquant que la totalité du ſel aceteux n'étoit point décompoſée, n'ayant point pour le moment d'alkali fixe végétal, nous nous ſervîmes d'une leſſive de ſoude pour décompoſer le reſte de la diſſolution de craie; il ſe fit une nouvelle efferveſcence, & bientôt le précipité perdit l'œil bleu ardoiſé qu'il portoit, il devint blanc jaunâtre, le liquide reſta tranſparent, & d'une couleur citrine. Si l'on prenoit de cette liqueur dans un verre, elle verdiſſoit à la longue, & paſſoit enſuite au bleu; en la reverſant dans le bain, la couleur bleue diſparoiſſoit à l'inſtant.

Flattés du ſuccès de cette Expérience, nous voulûmes la recommencer le lendemain; mais, faiſant la décompoſition entière du ſel aceteux par l'alkali fixe végétal, la diſſolution de l'Indigo n'eut point lieu, le liquide devint d'un brun rougeâtre. Nous tentâmes cette Expérience à différentes repriſes & toujours ſans ſuccès: nous fûmes donc obligés de reconnoître que nous devions la réuſſite de cette première, à l'alkali minéral dont nous nous étions ſervis pour achever la décompoſition du ſel aceteux. Nous l'avons recommencé

plusieurs fois; & avec un succès constant en employant toujours l'alkali minéral.

Si l'on nous demande pourquoi l'alkali fixe végétal ne réussit point dans ce procédé, comme dans celui où l'on emploie la dissolution du fer par l'acide vitriolique, nous répondrons, qu'il est moins abondant dans celui-ci; il a donc moins d'action sur la partie colorante, & nous avons vu, (*Expér. IX*), combien cette action la détruit : peut-être aussi que phlogistiqué par le fer, & rapproché par-là de l'alkali minéral, il n'est plus aussi destructeur.

Cuves à froid, avec l'alkali minéral.

D'APRÈS cette observation sur la différence des deux alkalis fixes, nous avons tenté de monter la cuve à froid, suivant le procédé ordinaire, en nous servant de l'alkali minéral, au lieu du végétal; l'effervescence fut plus vive, la dissolution de l'Indigo plus prompte, & si parfaite, qu'on n'eût point soupçonné cette fécule dans le liquide qui la tenoit en dissolution. L'alkali, que nous avons employé, n'étoit point sous forme concrète; nous nous servîmes de six onces d'une première lessive de soude.

Nous croyons d'après cette Expérience, (que nous souhaitons qu'on répète, tant elle nous a paru curieuse,) que la substitution de l'alkali minéral au végétal dans cette cuve, en perfectionneroit le procédé, & le rendroit plus sûr en ce qu'on pourroit y introduire une plus grande quantité d'alkali sans endommager la couleur, & procurer par-là une décomposition plus complète du vitriol, une effervescence par conséquent plus soutenue & qui rendroit la dissolution plus parfaite.

Le procédé ordinaire des cuves à froid n'est point infaillible; comme il est fondé sur des effervescences, son succès est subordonné à la température de l'air; si, à cause d'un trop

grand froid, elles languiſſent, l'Indigo n'étant pas ſuffiſamment atténué, l'alkali volatil ſe dégagera en pure perte, & cette fécule qu'il n'a pu diſſoudre n'en contenant preſque plus, ce ſera envain qu'on tentera à ſuſciter de nouveaux mouvemens d'effervеſcence. Nous avons manqué pluſieurs de ces cuves ſans pouvoir, par aucun moyen, opérer la diſſolution. D'après la cauſe que nous aſſignons de l'impoſſibilité de faire réuſſir ce procédé par de nouvelles effervеſcences, quand une fois il a été manqué, l'on apperçoit combien eſt abuſive la pratique de faire digérer l'Indigo dans l'alkali fixe : la quantité d'alkali volatil qu'il perd dans cette opération préparatoire, le privant d'une partie de ſon diſſolvant, nuit à ſa diſſolution. Nous avons conſtaté, par des Expériences réitérées, que cette fécule bouillie ſeulement dans l'eau, & broyée enſuite avec la même eau, ſe diſſout plus promptement que lorſqu'on la fait digérer dans l'alkali fixe; l'effervеſcence eſt plus vive & plus ſoutenue.

Les cuves à froid ne s'emploient guères dans les teintureries que pour les fils & cotons; ces matières étant d'une texture plus ſerrée que les matières animales, elles prennent le bleu difficilement, il faut le leur donner, pour ainſi dire, par couches, les éventer par conſéquent ſans ceſſe afin de faciliter l'évaporation de l'alkali volatil qui eſt uni à l'Indigo: cette manœuvre eſt incommode ſur des cuves chaudes, en ce qu'elle les refroidit, le bain d'ailleurs étant ſans ceſſe ouvert & agité par cette manipulation, il s'évapore une prodigieuſe quantité d'alkali volatil parce qu'à raiſon de la chaleur, il y eſt plus mobile que dans les cuves à froid.

Cuves avec fermentation.

Nous avons vu, dans la cuve à froid, que l'effervеſcence étoit le ſeul moyen employé pour atténuer l'Indigo & déterminer ſa diſſolution, dans celles que nous allons décrire, nous retrouverons la même cauſe, mais ſecondée d'un mou-

vement de fermentation, qui concourt avec elle au même effet. Ces cuves diffèrent entr'elles en raiſon de l'eſpèce de fermentation qu'on y introduit : dans l'une, c'eſt la fermentation acide ; dans l'autre, c'eſt la fermentation acide putride ; enfin l'on y a même admis la fermentation putride.

Celles où l'on emploie la fermentation acide, s'appelle *cuve d'inde;* la ſeconde ſe déſigne par la matière fermenteſcible qu'on y introduit, elle eſt connue ſous le nom de *cuve au vouëde* ou *au paſtel,* Comme la matière fermenteſcible de la troiſième eſt l'urine, on l'appelle *cuve à l'urine.*

Nous traiterons d'abord de la première, parce qu'elle eſt la moins composée, & que la théorie de ſon procédé tient de très-près à celle de la cuve à froid.

Cuves d'inde.

Le vaisseau où s'exécute le procédé que nous allons décrire, eſt une chaudière, qui, par ſa forme conique, laiſſe entr'elle & la maçonnerie qui l'entoure & ſur laquelle ſes bords s'appuient, aſſez de vide pour y faire du feu; on verſe dans cette chaudière quarante ſceaux d'eau, plus ou moins ſuivant ſa continence, chargée de ſix livres de cendres gravelées, douze onces de garence, & ſix livres de ſon qu'on a fait bouillir dans cette eau ; on fait entrer dans la cuve les marcs même de ces matières ; on y verſe enſuite ſix livres d'Indigo cuit & broyé à l'eau ; on brouille, on pallie (pour nous ſervir du mot uſité) ce mélange, avec une eſpece de rateau en bois qu'on nomme *rable*, on ferme enſuite la chaudiere, on entretient un peu de feu autour ; on la pallie une ſeconde fois douze heures après qu'on l'a montée, & ainſi de ſuite de douze en douze heures, juſqu'à ce qu'elle ſoit venue à bleu, ce qui arrivera au bout de quarante-huit heures ſi on l'a bien gouvernée, & montée dans les doſes preſcrites : le bain ſera d'un beau verd, couvert de plaques cuivrées, & d'écume ou fleurée bleue.

La théorie

La théorie de ce procédé ſe rapproche, comme nous l'avons dit, de celle de la cuve à froid. Dans celle-ci, on introduit un acide tout formé; dans celle-là, on le forme. Le mouvement de fermentation qui le produit, & la chaleur d'ailleurs qui eſt ici néceſſaire, ſuppléent à la foibleſſe de l'effervеſcence légère qui doit réſulter de l'union de cet acide avec l'alkali fixe à côté duquel il s'engendre. L'Indigo dans ce procédé, prend lui-même part au mouvement de fermentation par ſa partie extractive; nous avons vu (*Expérience IV*), combien cette partie fermentoit aiſément.

Nous ne concluons pas ſeulement la fermentation que nous admettons dans ce procédé de la nature des matières qu'on y fait entrer, mais de l'aſpect du bain qui long-tems après que le feu eſt éteint, eſt dans un mouvement continuel.

On peut donner dans deux extrêmes oppoſés dans l'exécution de ce procédé, ſi l'on excède la quantité de cendres gravelées que nous avons preſcrite, ou ſi reſtant la même, l'on diminue trop celle du ſon & de la garence, alors l'alkali fixe dans l'un & l'autre cas, devenant ſurabondant, attaque & détruit même une partie de l'Indigo; cette ſurabondance de l'alkali fixe ſe reconnoît à ce que le bain de la cuve eſt d'un verd jaune, & que les bleus qu'on y a teint tirent plus ou moins ſur le verd; on ramène une cuve en cet état au point où elle doit être, en y faiſant entrer une nouvelle quantité de ſon ou de garence qui, en fermentant, produiſent l'acide néceſſaire pour ſalurer l'alkali fixe ſurabondant; l'extrême contraire eſt celui où l'on diminueroit la quantité de cendres gravelées que nous avons preſcrite, ou ſi cette quantité reſtant la même, l'on augmentoit conſidérablement celle du ſon & de la garence; alors l'aigre produit par ces matières, n'étant point ſaiſi par les alkalis fixes, une partie s'unit à l'alkali volatil, qui doit diſſoudre l'Indigo, l'autre faiſant office de ferment, détermine la fermentation juſques dans l'Indigo même: cette fermentation d'abord acide, devient bientôt

putride & destructive; on reconnoît aisément le cas que nous venons de décrire, d'abord la cuve exhale une odeur douce, le bain est d'un verd louche plutôt même d'un bleu verdâtre; à cet état succède une odeur d'aigre décidé, & bientôt après la putréfaction complète qui est irremédiable; on corrige aisément une cuve dans les deux premiers degrés, une nouvelle mise d'alkali fixe en salurant l'acide surabondant prévient la putréfaction, dégage l'alkali volatil & détermine la dissolution de l'Indigo.

Cuves au vouëde ou au pastel.

LE PASTEL & le vouëde sont les matières fermentescibles qu'on emploie dans ces cuves; ces plantes sont de la famille des crucifères : le rapport de cette famille végétale avec le règne animal connus par les produits qu'on en retire par la distillation, s'établit encore par la fermentation des sucs extraits de ces plantes; elle présente les mêmes phénomènes que celle des matières animales; on y observe de même trois degrés : dans le premier, ces sucs sont dans un état parfait d'atténuation & de neutralité, ils exhalent alors une odeur douce, qui a tant de rapport avec celle des sucs extraits de viandes fraîches, qu'on ne peut mieux la désigner que par le nom d'odeur animale; dans le second degré, la neutralité observée dans le premier est rompue, il se développe un acide que nous nommerons *acide putride;* son existence est annoncée par l'odeur d'aigre que répandent alors les sucs en fermentation, odeur semblable à celle des sucs de viandes qui commencent à fermenter; de ces états peut-être pourroient se comparer le premier à celui des liqueurs d'un animal vivant & bien portant; le second à celui où sont ces mêmes liqueurs dans l'animal lorsqu'il a la fièvre; le troisième degré de la fermentation de ces sucs, est la putréfaction ou l'état cadavereux de l'animal; il en est sans doute encore un quatrième qui sera, si l'on peut se servir de ce terme, la fermentation annihilatoire; il est aisé de s'appercevoir que le nom

de putride donné à cette fermentation, n'eſt point aſſez générique, puiſqu'il ne préſente que l'idée du troiſième degré; celui de fermentation animale nous ſembleroit plus convenable.

On n'emploie dans la cuve, que nous allons décrire, que les deux premiers degrés de cette fermentation; &, comme elle tend ſans ceſſe au troiſième, il faut perpétuellement la rappeler du ſecond au premier. Nous verrons, dans l'expoſition du procédé, les moyens dont on ſe ſert pour l'y ramener, les ſignes auxquels on reconnoît la néceſſité d'y recourir, & le danger qu'il y a à en abuſer.

Nous ne traiterons ici que de la cuve au vouëde, parce que nous n'avons pas eu occaſion de traiter en grand celle au paſtel, qui d'ailleurs ne diffère eſſentiellement de la première, que parce que le paſtel entre plus vîte en fermentation. Ces deux plantes ſont de la même famille & de la même eſpèce, (ſelon M. Valmont de Bomare) leur culture & leur préparation établiſſent ſeules leur différence.

Procédé de la cuve au vouëde.

On met dans le fond de la cuve, qui contient environ deux cens ſeaux d'eau, cent cinquante livres de vouëde en pelottes; on y jette douze livres de ſon, & on y fait couler cent ſeaux d'eau bouillante; quand le vouëde a ainſi trempé environ trois heures, on remplit la cuve en entier d'eau bouillante, & l'on y verſe en même-tems l'eau dans laquelle l'Indigo a été cuit & broyé. (Nous ne déterminons pas la quantité d'Indigo,) deux garçons avec leurs rables, ſoulèvent le vouëde & le promènent dans le bain; (cette opération s'appelle pallier;) ſi quatre heures après l'aſſiette de cette cuve, on en obſerve le bain, on lui trouvera une odeur forte, ſemblable à celle du vouëde en pelottes, ſa couleur ſera d'un jaune de feuilles mortes peu foncée; ſi l'on heurte le bain avec le plat du rable, il s'élèvera une mouſſe ſans conſiſtance, dont les bulles diſparoîtront avec bruit ſitôt qu'elles ſeront formées:

huit ou dix heures après l'aſſiette, l'odeur de la cuve commence à devenir ſucrée, herbacée; du reſte tout eſt encore au même état. Enfin douze ou quinze heures après, cette odeur ſucrée ſe convertit en une odeur douce, fade, nauſéabonde, ſouvent légèrement aceſcente; en un mot, celle des ſucs récemment extraits des animaux. Mais il faut obſerver, avec attention, pour démêler cette aceſcence, qui ſe feroit bientôt ſentir diſtinctement, ſi l'on laiſſoit aller la fermentation plus loin. Si l'on heurte ſur le bain en ce moment, la mouſſe qui s'élève ne décrépite plus, ſes bulles ſe ſoutiennent comme celles formées par une eau ſavoneuſe, & elles ſont teintes d'un bleu plus ou moins foncé; le bain n'eſt plus ſec au toucher, il devient légèrement onctueux, parfaitement homogène, & d'un verd plus ou moins jaune. Si l'on deſcend le rable dans l'intérieur du bain, & qu'on le remonte doucement, on voit s'élever de l'Indigo qui y fuſe, & avec lui un marc plus jaunâtre que le reſte du bain; ſi l'on enlève quelques gouttes de ce dernier, elles ſeront d'abord vertes & tranſparentes; bientôt ce verd tirera ſur le bleu, & les gouttes perdront leur tranſparence: ſi l'on fait tirer du vouëde, & qu'on en preſſe une pelotte dans les mains, elle verdira à l'air. Dès que ces différens ſignes paroiſſent, mais particulièrement dès que l'odeur que nous venons d'exprimer, ſe fait ſentir, il eſt tems, non ſeulement de faire pallier la cuve (ces ſignes ne fuſſent-ils point venus, il faudroit toujours la pallier), mais encore de modérer la fermentation, en y jetant, pendant que les deux garçons pallient, un peu de chaux avec une petite palette de bois, nommée *tranchoir;* un des garçons heurte auſſitôt le liquide avec ſon rable, afin de faciliter le mêlange de la chaux. Un moment après on ſentira le bain, ce qui ſe fait d'une manière plus commode & plus ſûre, en en prenant dans une cuiller-à-pot plate, qu'en y trempant les mains, ſuivant la méthode ſale & dégoûtante des Teinturiers, & on ceſſera d'y mettre de la chaux, ſi, dès la première miſe, on ſent l'odeur de l'alkali volatil. C'eſt cette odeur ſeule qu'il faut conſulter, & le grand

talent eſt de ſavoir la démêler parmi celles avec leſquelles elle peut être compliquée. Nous oſons mettre en fait, que ceux à qui elle eſt familière, pourroient, après la lecture de cet exposé, conduire une cuve, ſans y rencontrer de grandes difficultés; pourquoi nous recommandons à tous ceux qui ſe deſtinent à l'art de la teinture, de diſſoudre du ſel ammoniacal dans différentes infuſions végétales, & de s'exercer, en décompoſant ce ſel avec un peu de chaux qu'ils jeteront dans cette même infuſion, à diſtinguer l'odeur de l'alkali volatil, de toute autre odeur étrangère dont il pourroit être chargé.

On ne met donc cette fois qu'une légère quantité de chaux (mettre de la chaux dans une cuve, s'appelle *garnir*,) puiſqu'on ceſſe dès que l'alkali volatil commence à ſe faire ſentir.

Cinq heures après ce palliage, on découvrira la cuve; on trouve, en la ſentant, ce qui s'appelle *goûter*, qu'elle a perdu la légère odeur d'alkali volatil qu'on y avoit développée le matin; le bain a repris de nouveau l'odeur douce, fade & aceſcente; la mouſſe ou fleurée, qui s'élève en heurtant, eſt d'un bleu plus vif qu'elle ne l'étoit au premier palliage après la miſe de chaux; ſes bulles ſont plus rondes, plus petites, & ont moins de tenue; non-ſeulement l'indigo fuſe dans le bain quand on remonte doucement le rable qu'on y a plongé, mais on le voit rouler à la ſurface de la cuve, où il forme des veines qui ſe meuvent en ſpirale. Il faut pallier de nouveau, & ſi l'odeur de l'alkali volatil ne remonte pas par cette manipulation, on garnira petit-à-petit, en conſtatant, après chaque miſe de chaux qui doit être ſuivie d'un coup de rable, ſi l'alkali volatil ne ſe fait point ſentir, afin de ceſſer de garnir dès qu'on en reconnoîtra l'odeur.

Six ou ſept heures après, on découvrira la cuve pour la troiſième fois, on lui trouvera plus de fleurée bleue & d'une couleur plus nourrie qu'au ſecond palliage; le bain ſera couvert de plaques cuivrées d'un verd plus jaune; mais il aura encore

perdu l'odeur d'alkali volatil qu'on lui avoit laiſſée au ſecond palliage ; les bulles qui s'élèveront en ſe heurtant, ſeront d'un bleu vif, mais rondes, de peu de volume ; il faut pallier de nouveau, & il eſt tems de garnir avec plus de hardieſſe ; il ne faudra ceſſer de le faire, que quand l'alkali volatil dominera univerſellement, & qu'il viendra heurter vivement l'odorat, pourquoi il faudra, après chaque miſe de chaux, conſtater l'état du bain, dans la crainte d'outre-paſſer le point que nous venons d'aſſigner. Outre l'odeur dominante de l'alcali volatil, d'autres ſignes annoncent encore que la cuve eſt ſuffiſamment garnie : la fleurée a plus de tenue, ſes bulles plus de volume, leur bleu eſt plus verd, elles font d'ailleurs du bruit en ſe formant.

La fermentation eſt ramenée, & arrêtée en ce moment au premier degré pour vingt-quatre heures. Nous parlons généralement, parce que, par des cauſes particulières, il pourra ſe faire que, dans cet intervalle, elle ait beſoin d'être arrêtée de nouveau.

Dès le lendemain matin, après ce troiſième palliage, on peut teindre deſſus la cuve. On teint trois fois dans la même journée, le matin à ſix heures, vers les onze heures, & à cinq heures du ſoir. (L'action par laquelle on teint, s'appelle *miſe en cuve*, ou *paliment.*) Sitôt que les matières qu'on y teint en ſont ſorties, on pallie, & il eſt toujours prudent de vérifier en ce moment l'état de la cuve. Tant que l'alkali volatil s'y fera ſentir, il ne faudra point la garnir ; mais, ſi l'on obſerve que ſon odeur ſoit éteinte, il faudra la faire reparoître. Si, immédiatement après la troiſième miſe en cuve, elle n'eſt point trop douce, il ſera bien de la pallier ſans la garnir, & de remettre à le faire trois heures après, où on la palliera de nouveau. Il ſera tems alors d'y faire encore dominer l'odeur de l'alkali volatil ; mais il faut obſerver qu'il ne heurtera plus l'odorat avec la même vivacité, à raiſon de ce que la chaleur commence à baiſſer. On procède ainſi pendant quatre jours,

à compter de celui où l'on a commencé à teindre; on garnit à la fin de chaque journée jufqu'au point, & avec les précautions ci-deffus indiquées : mais, comme la chaux va toujours en décroiffant, & que le mouvement de fermentation diminue avec elle, il faut bien moins de chaleur à la fin des troifième & quatrième jours; fouvent même il exifte encore affez d'alkali volatil ce dernier jour, pour être difpenfé de regarnir. Généralement le cinquième jour, on ne garnit point du-tout, parce que communément il n'y a point de néceffité de le faire. Si l'on a à travailler fur la cuve le fixième jour, il faut alors la réchauffer, parce qu'elle a perdu toute fa chaleur.

Réchaud de la cuve au vouëde.

Le procédé par lequel on réchauffe, eft fimple. On fait couler par une gouttière tout le bain dans une chaudière, on l'y fait chauffer jufqu'à ce qu'il foit prêt à bouillir; dès qu'il eft à ce point, on le renvoie par la même gouttière dans la chaudière d'où on l'a tiré. On reconnoît dans la chaudière que le bain eft à fon point de chaleur, lorfqu'en ouvrant fa furface avec un bâton, le creux que l'on a formé fe remplit rapidement par le repouffement qui fe fait de bas en haut. Il eft très-intéreffant de ne point laiffer bouillir le bain, parce qu'alors une partie de l'acide putride fe diffiperoit par l'évaporation, & qu'on perdroit une portion du ferment de la cuve. L'exiftence de cet acide & la facilité avec laquelle le feu le dégage, feront démontrées par les expériences qui termineront ce Mémoire. (*Exper. V.*)

Les Phénomènes qu'offre la cuve après ce réchaud, font les mêmes que ceux que nous venons de décrire, & on la gouverne de la même manière. La feule différence importante qu'on obferve dans une cuve réchauffée, c'eft que, lorfque la diffolutien de l'Indigo y eft bien faite, le bain n'eft point verd comme dans la cuve neuve dont nous venons de détailler le procédé; il eft au contraire d'un jaune de coing. Cette diffé-

rence vient de ce qu'il reste encore dans le vouëde un peu de la partie colorante jaune de la plante qui, s'alliant au bleu, donne au bain la couleur verte, & la communique même aux matières qu'on y teint auxquelles il donne un œil verdâtre : aussi tire-t-on peu de parti du premier réchaud dans les Teintureries, on ne s'en sert que pour donner le pied du bleu aux étoffes qu'on destine pour noir ; au second réchaud, cette partie colorante jaune ne se fait plus appercevoir, elle a été détruite en partie par la fermentation de la première assiette de la cuve, & en partie enlevée par les matières qu'on y a teintes. D'un autre côté, la texture du vouëde ayant été brisée par le mouvement de la même fermentation, il lâche ses sucs en plus grande abondance, ce qui fournit plus de matières fermentescibles; il s'en extrait plus de sels ammoniacaux, par conséquent plus d'alkali volatil; la dissolution de l'Indigo sera donc plus parfaite, & n'étant plus altérée par le mélange de la partie colorante jaune du vouëde, elle aura la couleur de coing, comme toutes les teintures bleues végétales où l'alkali volatil surabonde.

Comme la fermentation est quelquefois retenue dans une cuve réchauffée par les parties calcaires, qui n'étoient point encore neutralisées lors du réchaud, il sera bien de joindre une ou deux livres de tartre en poudre au son que l'on emploie ici, comme quand on monte une cuve à neuf.

On ne renouvelle jamais le bain, mais tous les trois mois on en jette le pied, & on le remplace par une nouvelle mise de vouëde. (Ce terme que nous fixons, suppose qu'on a réchauffé toutes les semaines.) Dans cet intervalle, on fortifie ce pied de tems-en-tems de vingt à trente pelottes de vouëde; (la pelotte pèse environ douze onces.)

Explication des Phénomenes qu'offrent les cuves.

AVANT de parler des deux extrêmes dans lesquels on peut donner en conduisant la fermentation dont nous traitons, nous

croyons

croyons devoir expliquer les différens états où nous venons de la décrire; cette théorie fera préjuger les signes auxquels on reconnoît qu'on a laissé aller trop loin la fermentation, ou qu'on l'a trop réprimée; elle préparera à leur explication & à l'intelligence des moyens dont on use pour la ramener des extrêmes où on l'a fait ou laissé passer.

Toute fermentation exigeant un certain tems pour se former & atténuer les corps qui en sont la matière, il n'est pas étonnant que quatre heures après l'assiette on n'y trouve d'autre odeur que celle du vouëde en infusion, que le bain soit sec au toucher & presque sans couleur, que les bulles qui s'en élèvent n'aient point de tenue; l'eau bouillante versée sur le vouëde & l'Indigo, n'en a pu extraire encore qu'une petite quantité de parties extractives insuffisante pour donner quelque consistance au bain & aux bulles qui s'en élèvent; il ne commencera à se charger des sucs du vouëde, que quand la fermentation, qu'on renouvelle ici dans cette plante, en aura brisé la texture; & les bulles n'auront de tenue que quand les parties oléo-résineuses mises en état savoneux, auront été rendues miscibles à l'eau : c'est à l'atténuation de ces parties & à leur état savonneux qu'est dû l'odeur douce, fade & acescente du bain : une partie du bleu de l'Indigo & du vouëde déja dissoute par l'alkali volatil qui s'est dégagé, lui donnent alors la teinte verte, & l'évaporation de ce dissolvant, donne aux bulles la couleur bleue: le mouvement intestin de fermentation, les parties terreuses qu'elle a dégagé & mis en jeu, ont suffi pour décomposer une petite partie des sels ammoniacaux contenus tant dans le vouëde que dans l'Indigo.

Il est tems de pallier alors la cuve: par cette manœuvre, on charge le bain, tant des parties colorantes déja dissoutes dans le pied, que de celles qui sont assez atténuées, pour pouvoir l'être bientôt; d'ailleurs, en l'imprégnant de sucs qui fermentent, il en prend lui-même d'autant plus de part à la fermentation.

Il eſt tems auſſi de commencer à garnir, parce que l'acide putride déjà préſent, quoique peu ſenſible, précipiteroit le cours de la fermentation & la conduiroit rapidement à la putréfaction : on en ſature donc une partie, & tandis qu'une partie de la chaux s'y unit, une autre miſe en mouvement par l'effervefcence que cette union opère, heurte & dépoſe les ſels ammoniacaux, tant de l'Indigo que du vouëde; l'alkali volatil devient alors ſenſible, mais il s'en développe peu cette fois où l'on ceſſe de garnir, dès que l'on reconnoît ſon odeur: ce ſeroit en pure perte que l'on en feroit développer davantage, parce que les parties colorantes ne ſont pas encore aſſez atténuées pour qu'il puiſſe les diſſoudre: d'ailleurs, en ſaturant tout l'acide, on ſupprimeroit ou l'on ralentiroit tellement la fermentation, que ſon mouvement deviendroit inſuffiſant pour atténuer l'Indigo & déterminer ſa diſſolution.

A la ſeconde ouverture, on retrouve la fermentation au même degré qu'à la première, parce qu'elle n'a été que modérée & non arrêtée; par ſon mouvement continué, il y a plus d'Indigo atténué & diſſout, auſſi la fleurée eſt plus fournie en bleu; à raiſon de cette plus grande atténuation, les bulles qui s'élèvent, ont moins de volume & de tenue, leur bleu eſt plus vif & moins verd qu'après la garniture du premier palliage, parce que l'alkali volatil, qu'on avoit fait développer, ſuffit à peine à la quantité d'Indigo dont il s'eſt chargé, auſſi ſon odeur eſt inſenſible, le bain eſt encore doux & fade comme à la première ouverture. Ces ſignes réunis, établiſſent de nouveau la néceſſité de garnir; mais encore, avec la même précaution, il faudra ralentir la fermentation ſans l'arrêter; on n'effacera donc point encore en entier l'odeur douce du bain.

A la troiſième ouverture, nous avons trouvé la cuve préciſément au même état qu'à la ſeconde, ſi ce n'eſt qu'à raiſon d'une diſſolution plus parfaite de l'Indigo, ſon bain, ſi c'eſt une cuve neuve, eſt d'un verd plus jaune, & d'un jaune plus franc, ſi c'eſt une cuve réchauſſée. Il eſt tems alors de ſaturer l'acide

qui a mené la fermentation jufqu'à ce moment, d'effacer l'odeur douce en entier par celle de l'alkali volatil, parce que les matières colorantes font atténuées au point, qu'il les puiffe parfaitement diffoudre; on le fait donc dominer, fa furabondance pourvoira à ce qui s'en perd par l'évaporation; c'eft à cette évaporation qu'eft dûe la fleurée, qui n'eft qu'un amas de bulles du bain où l'Indigo, d'une ténuité merveilleufe, eft rendue à fa première couleur; c'eft encore elle qui produit les plaques cuivreufes & les veines noires qu'on obferve dans le bain; ces veines font formées par des traînées d'Indigo abandonnées par l'alkali volatil, elles tournoient & difparoiffent, quand le nouvel alkali a faifi l'Indigo qui les forme; enfin, c'eft elle qui produit l'efpèce d'étoiles noires qui fe forment fur le bain quand on fouffle deffous au point où a donné le fouffle; ce figne annonce l'atténuation parfaite de l'Indigo, & beaucoup d'alkali volatil dans le bain, s'il eft d'un jaune bien franc dans le contour de l'étoile.

Cuve mal gouvernée.

Nous allons traiter maintenant des deux extrêmes dans lefquels on peut donner en gouvernant une cuve, des fignes qui l'indiquent, & des moyens d'y remédier.

Si, fe méprenant fur l'odeur, on garnit lorfqu'elle n'eft encore qu'herbacée, fucrée, ou fi lorfque l'odeur de la cuve eft vraiment douce, fade, acefcente, on l'efface en entier par une trop forte mife de chaux; dans le premier cas, l'acide à naître, dans le fecond, celui qui eft né fe trouvant faturé, la fermentation s'arrêtera, envain il fe décompofera des fels ammoniacaux, l'alkali volatil ne diffolvra qu'incomplétement l'Indigo encore en état d'aggrégation; le bain fera donc d'un verd fale, la fleurée d'un bleu groffier, terne & verdâtre; elle s'affaiffera à raifon du peu d'atténuation des parties colorantes dont elle eft chargée. Le bain, dans cet état de diffolution imparfaite, ne préfente point d'homogénéité, fa furface eft parta-

gée par des lignes en quadrille, à-peu-près comme une terre qui, en se desséchant, a fait retraite, & il n'est pas rare de la voir couverte d'une légère pellicule semblable à la crême de chaux : l'odeur de la cuve est alors toute-à-la-fois celle de l'eau de chaux, & de l'alkali volatil; mais l'odeur de ce dernier est séche & dure, elle n'est plus aromatisée par l'Indigo. La cuve, en cet état, s'appelle *cuve rebutée.*

L'intensité des signes, que nous venons de décrire, est en raison de la cause qui les produit; il en est de même des moyens qu'on emploie pour les faire disparoître; si la cuve n'est que légèrement rebutée, il suffira de ne la point pallier, le repos favorisant la fermentation, il s'engendrera bientôt assez d'acide pour saturer la chaux qui surabonde; si tous les signes que nous avons décrits se trouvent réunis, il faudra recourir à des acides tout formés, ou à des matières qui, en fermentant dans la cuve, puissent en produire abondamment; tels sont le son & la garence en substance ou en décoction. Les moyens que nous préférons, sont ceux ci; il faut enfermer dans un sac dix livres de son, on le met dans la cuve, & l'on répand en même-tems dans le bain trois ou quatre livres de tartre en poudre & tamisé. Au bout de six heures, le son a fermenté & produit son acide, il se boursouffle & le sac remonte, on le tire alors & l'on pallie; si l'odeur dure d'eau de chaux & d'alkali volatil est effacée, si la cuve ne respire plus que l'aigre des matières qu'on y a introduit, il n'y a plus rien à faire; dans le cas contraire, on répète les moyens que nous venons d'indiquer. Nous préférons la méthode d'enfermer le son dans un sac, en ce que le marc ne restant point dans la cuve, n'y répand point d'odeur étrangère.

Il faut veiller avec attention une cuve ainsi traitée; car une fois que la fermentation interrompue renaîtra, l'acide qui s'engendrera, ne rencontrant plus d'entraves, précipitera son cours de manière à ce qu'on pourroit être surpris; il n'est pas rare de voir la fermentation reprendre avec tant de vivacité

que le bain ſe couvre d'une mouſſe blanche & que le pied ſe ſoulève. Cet état de la cuve s'appelle *brouage*.

Les ſignes qui établiſſent la néceſſité de garnir, ſont les avant-coureurs de ceux qui annoncent la fermentation putride inſtante ou commencée : ceux-ci ſont la direction longitudinale que prennent les veines de la cuve; la fleurée d'un bleu pâle ou ſans couleur, ſans conſiſtance; la rupture prompte & bruyante des bulles qui s'élèvent quand on heurte le bain; le bruit que font ces mêmes bulles en montant du fond de la cuve à ſa ſurface; l'aſceſcence du liquide; enfin l'odeur fœtide du bain, ſon bouillonnement, ſa couleur rouſſe, ſon aſpect pulvérulant, la diſparition totale de l'Indigo, le ſoulèvement du pied, ſeront les ſignes de la putréfaction actuelle du bain, &, ſi elle a gagné juſqu'au pied, la maſſe totale du vouëde montera au-deſſus de la cuve.

Il faut s'empreſſer de prévenir la putréfaction dès l'apparition des premiers ſignes; comme c'eſt l'acide putride qui précipite la fermentation vers le troiſième degré, c'eſt lui qu'il faut attaquer; on pallie donc & l'on garnit en conſtatant cependant l'état du bain après chaque miſe de chaux; car il ne faut point le faire repaſſer d'un extrême à l'autre, on arrête dès que l'alkali volatil commence à dominer. On eſt d'ailleurs averti que la chaux a produit ſon effet, parce que les différens ſignes de la putréfaction inſtante ou commencée, perdent déjà de leur intenſité; les bulles ne décrépitent plus d'une manière auſſi prompte & auſſi bruyante, elles ſont d'un bleu plus foncé ou elles en reprennent une petite teinte, ſi elles l'avoient totalement perdu; le bain lui-même, s'il étoit tout-à-fait décoloré, reprendra au palliage ou bientôt après, une légère couleur de verd. Au bout deux heures on fait encore pallier la cuve, & ſi les ſignes de putréfaction réapparoiſſent, on garnit de nouveau, & l'on procède ainſi juſqu'à ce que le calme ſoit parfaitement rétabli.

Il eſt difficile de ramener une cuve où la fermentation cadavereuſe a paſſé juſqu'au pied; nous pouvons cependant aſſu-

rer en avoir rappelé deux en cet état, où le vouëde en totalité surnageoit le bain, persuadés, malgré l'alkali volatil huileux qui s'en exhaloit, que la putréfaction n'étoit complète encore que dans le bain; il est bon de noter que l'acide n'existe pas encore dans le vouëde quand il est déjà développé dans le bain, & que la fermentation n'y est encore qu'acide, lorsqu'elle est déja putride dans le bain. Nous chargeâmes de chaux la masse de vouëde qui surnageoit, il s'en exhala de suite beaucoup d'alkali volatil caustique; on parvint à enfoncer cette masse, qui gagna insensiblement le fond de la cuve. Les choses remises dans cet état, nous continuâmes à faire pallier de deux en deux heures; au bout de six heures la fleurée prit une petite teinte de gris. Nous essayâmes inutilement, en palliant souvent, à faire reparoître l'Indigo; il avoit été dévoré par la fermentation putride. Persuadés que le vouëde étoit épuisé pour la plus grande partie, nous en introduisîmes de nouveau dans la cuve, après l'avoir fait réchauffer, &, chargée de nouvel Indigo, elle revint à bleu sans difficulté.

Sans doute que si, dans le cas que nous venons de décrire, la putréfaction eût été complète jusques dans le vouëde, nous n'eussions pas également réussi, les vrais anti-septiques eussent été alors les acides. Cette distinction pourroit peut-être jeter quelque jour sur les remèdes anti-putrides; la différence de la fermentation des premières voies à celle des secondes, dont la première est peut-être le foyer, justifie, ce nous semble, l'opposition de ces remèdes. De tout tems on a joint en médecine, dans les fièvres putrides & pestilentielles, à l'usage des acides celui des remèdes terreux, calcaires & alkalins, ces derniers, il est vrai, ils ne sont recommandés que comme alexipharmaques; mais il est vraisemblable, comme le prouvent les Expériences de M. Pringle, qu'ils agissent réellement comme anti-septiques dans les secondes voies, où il n'est guère possible que chez l'animal vivant, la fermentation passe le second degré: en supposant que ce soit là l'état des liqueurs de l'animal dans les différentes maladies putrides, la quantité de terre que con-

tient le quinquina, & qu'on précipite de ſon infuſion par un alkali fixe, explique ſa vertu anti-ſeptique : on conçoit auſſi pourquoi, en lui alliant des remèdes terreux ou alkalins, on augmente ſa vertu fébrifuge. (Voyez, *Ouxhame & Haën.*) Nous terminerons là cette digreſſion, bien étrangère à la matière dont il s'agit, pour expoſer quelques Expériences ſur le bain de la cuve au vouëde, & qui ajoutent encore aux preuves de ſa théorie.

Première Expérience.

Si l'on fait évaporer promptement du bain de la cuve, & qu'après l'avoir concentré, on le laiſſe repoſer, l'Indigo qui étoit diſſout ſe précipitera, & la liqueur de verte qu'elle étoit deviendra rouſſe comme une forte décoction de plante; ſi on la laiſſe quelques jours ſur le précipité, elle en rediſſolvera une partie.

Deuxième Expérience.

L'affuſion d'un acide, change le bain de verd-jaune en bleu.

Troiſième Expérience.

L'alkali fixe précipite une terre blanche ſoluble dans les acides végétaux, mais qui ſe colore bientôt en bleu pâle.

Quatrième Expérience.

La diſſolution mercurielle précipite à l'inſtant toute la partie colorante, l'acide nitreux s'unit aux terres abſorbantes & à l'alkali volatil; le mercure, dans ſa chûte, entraîne avec lui l'Indigo; ce précipité blanchit le cuivre: en filtrant, on obtient une liqueur décolorée, qui contient un ſel à baſe terreuſe, dont la terre précipitée par l'alkali fixe eſt ſoluble avec efferveſcence par tous les acides.

Cinquième Expérience.

Quatre livres d'un bain de cuve non garnie *& à donc* (terme de teinturerie), ont fourni au degré moyen de l'eau bouillante quatre onces de liqueur acide.

L'on emploie encore dans les cuves à l'urine, les deux mou-

vemens remarqués dans les autres, celui de fermentation, & l'autre d'effervefcence; l'urine fournit le premier, & les acides qu'on y introduit fous forme concrète ou liquide, procure le fecond par l'union avec l'alkali volatil, qui eft ici le feul produit de la fermentation qu'on emploie; ces deux mouvemens réunis, en mettant en jeu les parties terreufes de l'urine, décompofent les fels ammoniacaux.

Nous ne détaillerons point les procédés de la cuve à l'urine à froid ou à chaud décrite par M. Hellot. Nous les avons exécutés d'après lui; la diffolution de l'Indigo s'eft faite dans l'une & l'autre; mais nous n'avons pas pu teindre dans celle à froid. Nous n'ofons point prononcer qu'il eft impoffible de le faire; mais nous ferions bien tentés de le croire, parce que la diffolution n'eft pas, ce nous femble, à un point de ténuité telle qu'elle puiffe pénétrer à froid les matières qu'on en veut teindre, foit parce que l'alkali volatil n'eft point ici rendu cauftique, foit parce que les deux mouvemens qui s'opèrent ici comme dans la cuve d'Inde, ne lui livrent pas l'Indigo fuffifamment atténué.

Nous avons vu, dans ces divers procédés, que l'alkali volatil eft le vrai diffolvant de l'Indigo, qu'il n'a de prife fur lui, que lorfque fon aggrégation eft rompue; dès-lors le procédé où l'Indigo eft le plus atténué & où l'alkali abonde le plus étant le plus complet, nous affignerons la première place à celui de la cuve au vouëde; la feconde, à celle à l'urine, parce que fi l'Indigo n'y eft pas autant atténué que dans la première, elle a quelque rapport avec elle, par la quantité de l'alkali volatil qu'elle contient; la cuve à froid, quoique très-commode furtout avec l'alkali minéral, doit être la dernière, parce que fi la diffolution de l'Indigo y eft plus parfaite que dans la cuve d'Inde, elle y eft auffi moins durable, parce que l'alkali volatil, dégagé par la chaux, eft plus mobile.

Sans doute qu'il eft dans les crucifères des efpèces qui peuvent remplacer le paftel & le vouëde, cette recherche & celle d'une fécule qui imite l'Indigo, pourront donner matière à de nouveaux Mémoires.

ANALYSE

ANALYSE

ET

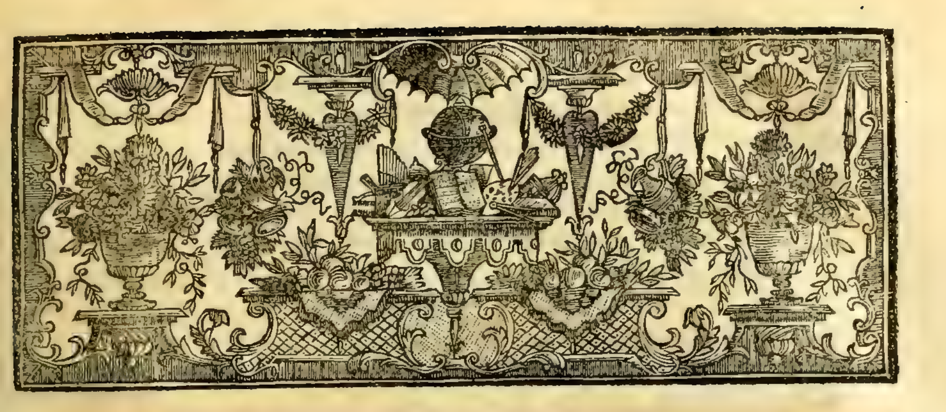
EXAMEN CHIMIQUE DE L'INDIGO,

TEL QU'IL EST DANS LE COMMERCE,

POUR L'USAGE DE LA TEINTURE.

PIECE qui a concouru pour le Prix ſur la nature & l'uſage de l'Indigo.

Par M. BERGMAN, Correſpondant de l'Académie.



ANALYSE ET EXAMEN CHIMIQUE DE L'INDIGO.

Nisi utile est quod facimus, stulta est gloria. *PHÆDRUS.*

§. 1. ON PEUT RÉDUIRE les Arts mécaniques en deux classes générales : l'une dépendante uniquement, ou au moins pour la plus grande partie, d'une adresse mécanique ; & l'autre, qui a encore besoin de certaines opérations véritablement chimiques, quoique souvent très-mal entendues. Il faut pourtant avouer, qu'il n'en est presque aucun de la première même, qui n'ait pas quelque cas où il est nécessaire de recourir aux opérations plus ou moins chimiques. L'influence de cette science, pour perfectionner les Arts, est donc très-évidente, & si les Arts ont encore beaucoup d'embarras

& de défauts, cela vient en partie du ſilence myſtérieux dont on a toujours enveloppé toute la Pratique, ſuggérée, ou par un haſard heureux, ou par un tâtonnement opiniâtre; en partie auſſi, parce que des hommes ſuffiſamment inſtruits n'ont pas eu le loiſir de s'y appliquer avec ſuccès. Mais, depuis l'époque la plus mémorable dans l'Hiſtoire des Arts; je veux dire, depuis que l'Académie des Sciences a commencé de publier leurs Deſcriptions, la ſcène a changé. Dans ces Ouvrages, le ſavant Chimiſte ou Phyſicien apprend beaucoup de faits très-remarquables, il entrevoit ce qui manque, & la connoiſſance d'autres faits ignorés des Artiſtes, lui fournit des moyens pour y remédier, ou au moins lui montre le chemin le plus court & le plus sûr pour y arriver.

Quant à l'Art de la Teinture, il n'eſt tout entier qu'une ſuite de pluſieurs opérations chimiques, ſoit pour préparer les matières à teindre, ſoit pour extraire & attirer les parcelles colorantes, ſoit enfin pour les appliquer ſolidement. Le premier pas eſt de bien connoître la nature des drogues dont on ſe ſert, & c'eſt ce problème, que l'Académie des Sciences a propoſé de réſoudre touchant l'Indigo. Je vais donc décrire mes Expériences, ſouhaitant que leurs réſultats puiſſent en quelque façon ſatisfaire les demandes d'une Compagnie ſi illuſtre. Je me ſuis ſervi du bon Indigo, dont les Teinturiers font ordinairement uſage : le plus fin eſt trop cher pour être ſouvent employé.

L'Indigo avec de l'eau.

§. 2. J'ai fait bouillir 100 parties d'Indigo en poudre avec de l'eau diſtillée pendant un quart d'heure, dans une cucurbite de verre : je laiſſois aſſez de tems aux poudres pour couler à fond, & je décantois après doucement la liqueur ſur un filtre de papier, évitant, autant qu'il étoit poſſible, qu'aucune partie de la poudre fût emportée : j'ajoutois enfin la même quantité d'eau, je faiſois bouillir & décanter comme la première

fois, répétant la même opération jusqu'à ce que l'eau ne se colorât plus. Enfin j'ai soigneusement assemblé la poudre, qui séchée, fut exposée à la chaleur du bain-marie pendant quinze minutes, comme elle avoit été avant la décoction, & j'ai trouvé, en pesant, une perte de onze parties; il reste environ une partie de la même nature, mais qui n'est pas encore séparable moyennant de l'eau, étant défendue par les autres matières.

§. 3. La liqueur filtrée étoit claire, brune jaunâtre, sans odeur sensible, mais d'une adstriction très-légère sur la langue. En concentrant, par l'évaporation, elle devient brune, rougeâtre presque opaque : elle ne rougit point le tournesol, & ne verdit point le syrop de violette.

L'alkali ni fixe ni volatil n'en sépare rien, mais les acides précipitent promptement des molécules brunâtres pour la plus grande partie dissolubles par l'alkali fixe & volatil, qui en prennent la couleur. Après la précipitation, la couleur de la liqueur reste, mais affoiblie & jaunâtre.

La dissolution d'alun cause une précipitation jaunâtre. Celle de vitriol de cuivre fait tomber des parcelles grises, qui assemblées & lavées se dissolvent par l'alkali volatil, ne laissant qu'une petite portion blanche de reste : la dissolution devient grise, bleuâtre. Le vitriol verd donne un sédiment semblable qui se comporte avec de l'alkali volatil comme le précédent, mais la liqueur n'acquiert qu'une couleur de paille très-foible. La matière astringente est précipitée non-seulement par l'alun, mais aussi par tous les sels métalliques.

La teinture des galles ne fait aucun changement visible, non plus que l'esprit-de-vin.

§. 4. L'eau seule n'est donc point capable de dissoudre les molécules bleues, n'attaquant qu'environ $\frac{1}{9}$ du poids; c'est-à-dire, les parties mucilagineuses, les astringentes, & les savonneuses. La poudre d'Indigo épuisée par des décoctions dans de l'eau, est aussi bonne pour teindre, sinon meilleure qu'auparavant.

La matière dissoute par l'eau n'est donc pas toute entière de la même nature, puisque les parties résineuses de la substance savonneuse, se laissent précipiter par tous les acides.

L'Indigo avec des dissolvans phlogistiques.

§. 5. La poudre d'Indigo digérée fortement dans *l'esprit-de-vin* bien rectifié, donne une teinture d'abord jaune, puis rouge & enfin brune. Cette opération répétée plusieurs fois avec de l'esprit-de-vin nouveau l'épuise enfin, & ce menstrue ne se colore plus. De cette manière, l'Indigo perd environ $\frac{1}{17}$ de son poids, comme on peut s'en convaincre en assemblant, désséchant & passant la poudre restante.

La couleur de la teinture varie selon l'épaisseur de la masse mise entre l'œil & la lumiere; par l'atténuation, elle devient jaunâtre, & de plus en plus foible. De l'eau ajoutée la rend louche, une matière résineuse brunâtre est séparée, mais va très-lentement au fond. L'acide marin ne fait aucun changement, la couleur en devient seulement plus foncée, mais sans se grumeler; au contraire, l'alkali volatil caustique la rend plus claire & précipite un peu de matière; il en arrive de même avec l'eau vitriolique concentrée : la lessive d'alkali fixe fait un mêlange un peu louche & savonneux, précipitant en même tems un peu d'alkali, & par-là la liqueur s'éclaircit; elle contient pourtant encore, & une portion d'alkali, & la matière résineuse, comme on peut s'en convaincre, en ajoutant quelques gouttes d'un acide, qui non-seulement excitent une effervescence, mais séparent aussi des floccons rougeâtres.

§. 6. L'éthèr vitriolique agit sur l'Indigo à-peu-près comme l'esprit-de-vin, la couleur me semble pourtant être un peu plus gaie. L'eau ajoutée précipite des floccons jaunes brunâtres.

§. 7. Les huiles, tant exprimées que distillées, ont peu de prise sur l'Indigo, quoique aidées par la digestion. Elles

jauniſſent pourtant, & cette circonſtance jointe à ce que la poudre bleue une fois bien remuée a beſoin de pluſieurs jours pour gagner le fond, fait paroître l'huile verte; mais, cette apparence eſt fauſſe, elle s'affoiblit inſenſiblement & eſt enfin entièrement éteinte; mais elle peut être renouvelée à ſouhait, en ſecouant le vaiſſeau & le laiſſant enſuite en repos.

L'Indigo avec des acides.

§. 8. J'AI MÊLÉ une partie d'Indigo bien pulvériſé avec huit, d'*acide vitriolique* clair, ſans couleur & tellement concentré, que ſa peſanteur ſpécifique étoit à celle de l'eau diſtillée comme 1,900 à 1,000. Le mêlange fait dans un flacon de verre; je l'ai bouché légèrement. L'acide attaquoit promptement l'Indigo, excitant une grande chaleur. Après une digeſtion de 24 heures, l'Indigo étoit diſſout; mais le mêlange étoit tout-à-fait opaque & noir. En ajoutant de l'eau, il s'éclaircit donnant ſucceſſivement toutes les nuances de bleu ſelon la quantité, & il faut au moins vingt livres d'eau dans un vaiſſeau cylindrique de verre de ſept pouces de diamètre, pour éteindre la moindre gouttelette de la diſſolution décrite. Voilà une grande richeſſe de couleur.

J'entends par teinture d'Indigo, la diſſolution mêlée avec de l'eau juſqu'à devenir tranſparente, plus ou moins bleue ſelon qu'elle a plus ou moins d'épaiſſeur, ce dont il faut ſe ſouvenir pour la ſuite.

En laiſſant tomber une très-petite portion d'Indigo ſur l'acide vitriolique concentré ſans faire aucun mêlange, on en voit bientôt ſortir des nuages verds, ſi on ajoute une gouttelette d'eau, il s'excite de la chaleur, les nuages deviennent bleus à l'inſtant; cela arrive auſſi de ſoi-même, mais plus lentement.

L'acide vitriolique phlogiſtiqué n'attaque point l'Indigo; moins cela ne ſe fait pas de la manière que je viens de décrire,

comme nous le verrons bientôt. Je phlogistique mon acide concentré en y mêlant de la poudre de charbons & le retirant ensuite moyennant la distillation; car, sans être aidé par la chaleur, il ne se charge pas du principe inflammable des charbons.

Si l'acide vitriolique est delayé par de l'eau, il n'attaque que le principe terreux (§. 27), il devient pourtant jaunâtre par la dissolution de quelques parties mucilagineuses, ce qui arrive de même à tous les autres acides.

§. 9. Pour connoître de plus près les propriétés de cette dissolution relativement aux autres matières, j'ai versé plusieurs mêlanges dans divers bocaux de verre marqués de certaines lettres d'alphabet : j'ai mis ensuite, dans chacun, une goutte de la dissolution d'Indigo; j'ai bien mêlé & laissé les bocaux en repos l'un auprès de l'autre dans une température de 15 à 20 degrés, selon l'Échelle de *M. de Réaumur*, observant journellement les changemens.

(a) Le premier bocal contenoit, outre la goutte de la dissolution d'Indigo, 215 grains *d'eau distillée*, devant servir à comparer & mieux évaluer les autres résultats. Pendant plusieurs semaines que durerent ces observations on ne voyoit d'autres changemens, que la diminution causée par l'évaporation.

(b) 325 grains *d'acide vitriolique phlogistiqué* avec une goutte de la dissolution légèrement secoués dans un flacon bien bouché, donnoient une jolie teinture bleue, mais qui, après quelques heures, tiroit sensiblement sur le verd. Ce changement s'augmentoit, & en même-tems la couleur s'affoiblissoit de plus en plus, de manière qu'après trente heures il n'en restoit qu'une teinte jaunâtre à peine visible. Le bleu étoit donc entièrement mangé, & ne pouvoit revenir, ni par l'air libre, ni par les alkalis, ni par aucun autre moyen.

(c) 325 grains d'eau distillée mêlés avec une goutte de la dissolution & quatre d'un bon *acide nitreux*, devenoient

bleus;

bleus; mais cette couleur fut entièrement détruite dans un quart d'heure, sans passer auparavant par le verd & sans pouvoir reparoître.

(d) 325 grains *d'acide de sel marin* avec une goutte de la dissolution d'Indigo, devenoient bleus comme tous les autres mêlanges, mais ils ne changeoient plus.

(e) 7 grains *d'acide de tartre crystallisé*, dissouts dans 215 grains d'eau distillée & mêlés avec une goutte de dissolution changeoient comme *b*, mais plus lentement. Après 72 heures, la couleur étoit verte, & après 144 d'un jaune peu sensible : ni les alkalis, ni d'autres moyens ne la restituoient. Il faut observer, que je n'entends pas ici la crême de tartre, mais son acide délivré de tout alkali & crystallisé.

(f) 280 grains de bon *vinaigre* devenoient bientôt verds avec la goutte de la dissolution, puisque l'acide même tiroit un peu sur le jaune. En quatre semaines, la teinte verte fut irréparablement perdue.

(g) 280 grains *d'acide des fourmis* distillé avec une goutte de la dissolution, agit comme le vinaigre, mais plus lentement. Je n'ai pas encore fait d'essais avec cet acide non distillé, qui est plus huileux & opère alors, selon toutes les apparences, comme le vinaigre.

(h) 6 grains *d'alkali fixe caustique*, dissouts dans deux cens quinze grains d'eau distillée, détruisent bientôt la couleur bleue d'une goutte de la dissolution, sans que les acides puissent la rappeler. La décoloration passe par une teinte verte.

(i) 6 grains de *potasse blanche*, dans deux cens quinze grains d'eau distillée, ne causent aucun changement pendant plusieurs semaines; mais une plus grande quantité de cet alkali attaque pourtant les molécules bleues, quoique lentement.

(k) 6 grains de *sel de soude* avec autant d'eau se comportent de même.

(l) 6 grains *d'alkali volatil caustique* changent le bleu d'une goutte de la dissolution en verd, & détruisent aussi cette dernière couleur en quelques heures.

(m) 6 grains *d'alkali volatil crystalisé*, produit le même changement, mais il faut beaucoup plus de tems.

Il faut observer que les alkalis fixes bien mitigés, séparent de la teinture d'Indigo une poudre bleue très-fine, qui tombe très-lentement. Je distingue cette matière sous le nom d'*Indigo précipité*. On le recouvre aussi, en faisant dégoutter la teinture dans de l'alcohol de vin, dans des dissolutions saturées d'alun, de sel de glauber ou de quelqu'autre, qui contient de l'acide vitriolique; mais la teinture reste toujours un peu colorée.

(n) 16 grains de *sel de glauber* avec deux cens quinze grains d'eau distillée, & une goutte de la dissolution, tiroient un peu sur le verd, après six semaines.

(o) 16 grains de *nitre* purifié ne changent pas.

(p) 16 grains de *sel marin* purifié avec une goutte de la dissolution, ne font aucun changement.

(q) 16 grains de *sel ammoniac* purifié non plus. Il faut pourtant observer que ces sels neutres séparent un peu d'Indigo précipité.

(r) 16 grains de *tartre tartarisé* verdissoient distinctement après trois jours : depuis la liqueur se moisissoit & la couleur fut enfin effacée.

(s) 16 grains de *sel microscomique* verdissoient un peu après six semaines. Ce sel contient essentiellement une portion d'alkali de soude, outre l'alkali volatil & l'acide de l'urine.

(t) 16 grains du *sucre blanc* verdissoient distinctement après douze heures : après quatre jours, il ne restoit qu'une teinte jaunâtre très-foible.

(u) 16 grains *d'alun de Rome* purifié, ne caufent aucun changement.

(x) 16 grains de *vitriol bleu*, ne faifoïent aucun changement.

(y) 16 grains de *vitriol verd* avec la quantité ufitée d'eau & une goutte de la diffolution, verdiffoient dans trois jours; &, après trois femaines, la couleur étoit entièrement mangée.

(z) 16 grains de *foie de foufre*, détruifoient la couleur en deux ou trois heures.

(aa) 16 grains de *réalgar* ou *arfenic rouge*, n'excitoient aucune teinte verte, & la couleur ne fut aucunement altérée en fix femaines.

(bb) 16 grains d'*arfenic blanc* ne faifoit aucun changement.

(cc) 16 grains d'*orpiment*, de même.

(dd) Un grain de *magnéfie noire* détruifoit la couleur bleue en quelques heures non-feulement d'une goutte de la diffolution, mais auffi de plufieurs autres.

(ee) 17 grains de *garence* avec les deux cens quinze grains d'eau, tournoient bientôt la couleur bleue d'une goutte de la diffolution en verd; en effet, cette drogue donne d'elle-même une teinte jaunâtre, qui reftoit feule après vingt jours; la bleue étant tout-à-fait mangée.

(ff) 16 grains de *paftel* fe comportent de même, mais plus vîte.

§. 10. Les réfultats des Expériences précédentes font différentes, fuivant les qualités des matières. Quelques-unes ne font aucun changement, comme l'acide de fel, le nitre, le fel marin, le fel ammoniac, l'alun, le vitriol bleu, l'arfenic blanc, l'orpiment & le réalgar; ou au moins très-lentement, comme le fel de Glauber & le fel microfcomique. Toutes les autres détruifent entièrement la couleur bleue; nous verrons pourtant qu'il y a une grande différence entr'elles,

parce que les unes mangent en soustrayant une portion de phlogistique, & les autres en fournissant une surabondance de la même matière. On reconnoît presque généralement que le phlogistique, comme principe des corps, est la cause principale de leur couleur, en modifiant le passage & la réflexion de la lumière; la diminution & l'augmentation de cette substance colorante n'est donc pas indifférente. Examinons premièrement les matières qui dévorent le phlogistique, dont nous n'avons employé ici que deux, l'acide nitreux & la magnésie noire.

L'*acide nitreux* concentré, est un des plus puissans aimans de phlogistique, s'en charge aisément, devient alors jaunâtre jusqu'au rouge foncé, poussant des fumées rougeâtres. Prenons l'acide nitreux nouvellement tiré du nitre purifié moyennant l'acide vitriolique concentré; distillons dans une retorte un peu haute, très-lentement, nous verrons l'acide se décolorer peu-à-peu, & enfin devenir comme de l'eau, mais beaucoup plus âpre qu'il n'étoit auparavant. Cet acide, ainsi purifié, redevient coloré par la moindre portion de phlogistique, & recouvre les proprietés mentionnées. En assemblant les vapeurs chassées pendant la distillation dans une bouteille renversée & pleine d'eau, on aura un fluide élastique, transparent, & sans couleur, connu aujourd'hui sous le nom d'*air nitreux*, qui n'est autre chose qu'une portion d'acide nitreux unie au phlogistique, & par-là devenue élastique. Cette assertion est appuyée sur des faits constans : l'acide nitreux décoloré de la manière décrite, gagne de rechef de la couleur par l'attouchement des matières qui contiennent du phlogistique, & qui le retiennent plus foiblement, que ne fait l'acide nitreux; mais cette substance colorante chassée, lavée & assemblée, fait l'air nitreux. Voilà la synthèse. De l'autre côté, l'air nitreux peut facilement être decomposé par l'introduction d'une quantité suffisante d'air athmosphérique, dont la partie pure a plus d'affinité avec le phlogistique, que ne l'a l'acide nitreux qui, en perdant le phlogistique, perd aussi son élasticité & peut être recueilli dans l'eau distillée, qui environe le mélange

dans des vaiſſeaux clos. Ce paſſage du phlogiſtique de l'acide dans l'air, ſe fait avec un petit frémiſſement & une coloration rougeâtre paſſagère. Voilà l'analyſe.

En conſidérant tout cela, on peut facilement concevoir pourquoi l'acide nitreux mange preſque toutes les couleurs, & entr'autres celle de l'Indigo (§. 9, *c*,) comme nous le verrons bientôt plus en détail (§§. 13, 14.)

La *magnéſie noire* (Minéral. de *M. Cronſtedt*, §. 116,) qui eſt employée dans nos verreries, n'eſt que la chaux d'un métal, différent, ſelon toutes les apparences, des autres connus. Celle-ci attire le phlogiſtique encore plus fortement que ne fait l'acide nitreux pur; car ſi on en met une doſe proportionnée dans l'acide nitreux non coloré, elle reſte ſans être preſqu'aucunement entamée, au-lieu qu'une égale portion d'acide nitreux phlogiſtiqué diſſout la poudre de la magnéſie parfaitement, perdant en même tems ſa couleur, puiſque le phlogiſtique s'attache à cette chaux & la fait diſſoluble. L'acide nitreux pur fait de même, en y ajoutant un peu de ſucre, d'huile ou d'autre matiere qui peut fournir une quantité ſuffiſante de phlogiſtique. On voit donc évidemment pourquoi la couleur eſt mangée dans notre Expérience, & pourquoi la quantité de magnéſie employée peut encore détruire le bleu d'un grand nombre de nouvelles gouttes de la diſſolution; mais la liqueur devient de plus en plus brunâtre, & enfin preſque opaque.

§. 11. Les autres matières, qui détruiſent la couleur bleue, le font en fourniſſant plus de phlogiſtique qu'il ne faut pour le bleu, & je vais tâcher de prouver cette aſſertion. D'abord il eſt bien hors de doute que les matieres en queſtion contiennent beaucoup de phlogiſtique. L'acide du tartre donne, par la diſtillation, une vraie huile. Le vinaigre & l'acide des fourmis ſont auſſi huileux, principalement le premier non diſtillé, & c'eſt ſans doute la raiſon pourquoi le vinaigre fait plutôt le changement décrit que l'acide des fourmis qui étoit diſtillé. Le ſucre eſt aſſez huileux pour pouvoir brûler avec de la flamme.

Le sel végétal ou tartre tartarisé, contient l'alkali végétal saturé avec du tartre, & le tartre même le plus pur, est toujours contaminé d'huile. L'acide vitriolique phlogistiqué, connu ordinairement sous le nom d'esprit volatil de soufre, le foie de soufre & le vitriol verd, prouvent bien clairement qu'il n'est pas nécessaire que le phlogistique soit dans une combinaison huileuse, étant ici très-pur, & faisant néanmoins le même effet. Le vitriol de fer a beaucoup de phlogistique tandis qu'il est verd & crystallisable; mais le vitriol bleu n'est que la chaux de cuivre unie à l'acide vitriolique, comme on peut facilement s'en convaincre; car la chaux de cuivre se dissout aisément dans l'acide vitriolique, donnant le véritable vitriol de Chypre, au-lieu que le cuivre en état métallique n'est attaqué qu'en employant une grande chaleur, moyennant laquelle une partie de l'acide vitriolique peut se charger du phlogistique & l'emporter.

Enfin la garance & le pastel, comme drogues colorantes, abondent nécessaitement en phlogistique.

Mais comment une surcharge de phlogistique peut elle d'abord changer le bleu en verd, & ensuite effacer même cette dernière couleur? Prenons une quantité déterminée d'acide nitreux, préparé à la manière de Glauber; ajoutons-y dans un flacon environ $\frac{1}{4}$ en mesure d'eau distillée plus ou moins selon la concentration de l'acide, & nous verrons la liqueur devenir verte; ajoutons plus d'eau, la couleur s'éclaircira & devient enfin bleue quand le volume d'eau égale ou surpasse un peu celui de l'acide; en augmentant ensuite l'eau, le bleu se délaie & s'efface enfin tellement que le mêlange paroît être d'eau seule.

En ajoutant l'eau ici on ne fait, je crois, que répandre l'air nitreux dans un plus grand volume. Donc cette combinaison élastique d'une portion d'acide avec le phlogistique produit dans une certaine densité du brun rougeâtre qui, convenablement dilatée, devient successivement jaune, verd & bleu,

exactement ſelon l'ordre des couleurs priſmatiques. Il ne faut pourtant pas conclure delà que toute variation des couleurs dépend de la différente denſité du phlogiſtique. Il eſt vrai que le mélange des molécules bleues & jaunes, produiſant du verd, paroît s'y accorder, puiſque la denſité des parties bleues avec celle des parties jaunes, qui eſt plus grande, font naturellement enſemble une denſité mitoyenne ou celle de la verdure; mais la Nature fait ſouvent naître le même effet par des voies très-différentes; il peut donc arriver qu'outre la denſité il y a quelque diverſité dans la qualité ou dans l'ébranlement de la matière phlogiſtique qui produiſent auſſi la différence des couleurs. Ce que j'eſpère avoir prouvé, c'eſt que la denſité ſeule peut quelquefois y ſuffire.

Donc, puiſque le verd peut viſiblement changer en bleu par la raréfaction de la matière phlogiſtique, il faut réciproquement que le verd puiſſe naître par la condenſation, ou, ce qui revient au même, par l'augmentation de phlogiſtique dans un volume bleu. Nous avons déjà démontré que, dans tous nos cas, des changemens du bleu en verd il y a une ſurabondance de phlogiſtique; j'eſpère donc qu'on ne doutera pas de cette partie de l'aſſertion.

Mais comment la couleur verte eſt-elle détruite? Il eſt bien vrai que la liqueur devient jaunâtre, après l'abolition de la verdure; on pourroit donc croire que la quantité de phlogiſtique étant ſucceſſivement développée, devient plus que ſuffiſante pour la verdure, & par-là cauſe enfin le jaune ſelon l'ordre des couleurs; mais, quoique cette explication ſoit très-plauſible, j'ai pourtant peur qu'elle n'ait pas ici la véritable. Il faudroit alors que cette couleur jaune pût revenir en verte & même en bleue par la diminution proportionnée du phlogiſtique, & c'eſt en cela que juſqu'ici je n'ai pas réuſſi, ni par l'acide nitreux, ni par la magnéſie noire. Il me ſemble donc qu'il y a ici une diſſipation de la matière inflammable. La portion, qui eſt développée des matières ajoutées étant attirée par les molé-

cules bleues, fait une accumulation de phlogiſtique, mais dont les parties ont une cohérence beaucoup plus lâche qu'auparavant, & c'eſt pourquoi ces atomes volatils ſont facilement diſſipés étant expoſés à l'air libre, qui les attire aſſez puiſſamment pour les arracher à l'acide nitreux même.

L'autorité de M. *Hellot* eſt d'un grand poids en matière de teinture; mais je n'ai pu, il faut l'avouer, me perſuader que ſon explication de la fixité des couleurs ſoit généralement la véritable. On ſait fort bien que ni le tartre vitriolé, ni le tartre ne ſont capables d'empêcher les changemens en beaucoup de cas. Il eſt vrai que les couleurs doivent néceſſairement varier ſi les parcelles colorantes ſe détachent ſucceſſivement; mais je ſuis auſſi aſſuré que ces parcelles peuvent reſter & leurs couleurs pourtant s'affoiblir. N'eſt-il pas très-probable que leur phlogiſtique, qui eſt la cauſe principale de la couleur, ſoit quelquefois aſſez lâchement combiné avec les autres principes pour être plus ou moins diſſipé par les rayons du ſoleil? On connoît le pouvoir des corps à reſſort. Une corde vibrante en excite d'autres dans les environs, qui ſont d'une tenſion & d'une longueur convenable. Il eſt donc vraiſemblable que les rayons directs, & quelquefois la lumière ſeule, ébranlent tellement le phlogiſtique engagé, étant eſſentiellement très-élaſtique, qu'il briſe en peu de temps ſes entraves. L'air pur attire encore avec une force très-grande le phlogiſtique; il peut donc, ſoit ſeul, ſoit aidé par la chaleur qui augmente la volatilité, ou par les rayons dardés du ſoleil qui excitent des vibrations trop fréquentes, enfin rompre ſes liens.

§. 12. *L'acide nitreux* un peu concentré, attaque l'Indigo violemment, excitant beaucoup de chaleur & de mouſſe. Trop ſerré dans un flacon bien bouché, il le fait éclater avec exploſion. Si l'acide eſt très-fort, l'Indigo s'embraſe. L'acide convenablement affoibli, par de l'eau, prend d'abord une teinte jaunâtre, qui depuis brunit de plus en plus; les morceaux un peu grands deviennent légers & ſpongieux; leur couleur

naturelle

naturelle change peu-à-peu en ferrugineuſe, ſans pouvoir donner du bleu davantage.

Le réſidu, après cette opération, étant bien ſéché, a l'apparence de terre d'ombre, & ne fait que le tiers de l'Indigo. De l'eau en diſſout quelque portion; mais il faut beaucoup d'eau pour l'épuiſer, & elle ſe colore en jaune brunâtre. Quand l'eau ne l'attaque plus, l'eſprit-de-vin en eſt coloré en rouge, & la leſſive d'alkali fixe en jaune brunâtre.

§. 13. L'acide nitreux, après avoir agi ſur l'Indigo, ſe trouve beaucoup affoibli par le phlogiſtique & les matières diſſoutes. L'alkali fixe en précipite un peu de fer calciné, mêlé avec de terre peſante & calcaire (§. 27); mais, en ajoutant trop d'alkali une portion du précipité ſe rediſſout faiſant la couleur plus foncée qu'elle n'étoit auparavant. L'alkali phlogiſtiqué produit du bleu de Pruſſe.

La teinture du réſidu faite par de l'eau, donne avec tous les acides un précipité ſpongieux, qui ne ſe diſſout totalement ni par les alkalis, ni par l'eſprit-de-vin, ni même par l'eau, quoique la teinture évaporée juſqu'à ſiccité ſoit aiſément rediſſoute. On ſait que la matière caſeuſe du lait une fois ſéparée moyennant quelque acide, reſte de même indiſſoluble. L'alkali, ſoit ordinaire, ſoit phlogiſtiqué, ne précipite rien. Cette teinture aqueuſe ne diffère donc de la décoction d'Indigo (§§. 2, 3), que par une couleur plus gaie.

La teinture rouge ſpiritueuſe ſe décompoſe avec l'eau; mais la teinture alkaline jaune brunâtre s'y mêle ſans aucune précipitation, & la tranſparence même n'eſt pas endommagée, quoique la couleur change un peu.

On voit donc que l'acide nitreux un peu fort, agit tout autrement que ne fait l'acide vitriolique: au-lieu de diſſoudre les molécules bleues, il les détruit parfaitement; mais, étant trop delayé par de l'eau, l'avidité pour le phlogiſtique eſt tellement appaiſée, qu'il ne peut attaquer que le terreux (§§. 27, 31),

& la matiere mucilagineuſe, qui le colore en brun jaunâtre, & qui eſt également diſſoute par tous les acides plus ou moins forts.

On peut ſe ſervir d'acide nitreux, qui a volé le phlogiſtique d'Indigo, & qui s'eſt en même tems chargé d'une portion du mucilagineux pour teïndre de la laine & de la ſoie très-ſolidement en jaune de nuances très-différentes.

§. 14. *L'acide marin* en digeſtion & même en bouillant avec de l'Indigo le mieux porphyriſé, ne fait autre effet que de ſe charger du terreux, du fer (§. 31), & d'un peu de matière gommeuſe, qui le colorent en brun jaunâtre, mais ſans attaquer en aucune manière la couleur bleue. Si l'Indigo eſt précipité de l'acide vitriolique (§. 9, *m*), alors l'acide marin en diſſout une certaine quantité très-facilement donnant une liqueur bleue foncée.

La magnéſie noire, dont nous avons déja parlé plus d'une fois à l'égard de la grande force avec laquelle elle attire le phlogiſtique, nous ſervira encore ici. Cette matière montre bien clairement que le phlogiſtique entre comme principe conſtituant dans l'acide marin. En digérant de l'acide marin le plus pur d'une peſanteur ſpécifique environ comme 1, 110 avec la moitié en poids de magnéſie noire dans une retorte, on en verra bientôt ſortir une vapeur élaſtique rougeâtre, qui a l'odeur d'eau régale un peu chaude, mais qui examinée ne donne pas la moindre parcelle d'acide nitreux, comme on peut facilement s'en convaincre en la combinant avec des alkalis. Cette vapeur attaque preſque toutes les matières qui ont du phlogiſtique, ſe raſſaſie de ce principe, & redevient l'acide marin ordinaire. Ce n'eſt pas ici qu'il faut détailler ces expériences ; il ſuffit à cette heure de dire que la vapeur rougeâtre, qui eſt l'autre principe de l'acide marin, & qu'on peut appeler *l'acide marin déphlogiſtiqué*, étant engagée avec de l'Indigo détruit en peu de temps ſa couleur bleue, le fait

brun jaunâtre, & en même tems se sature suffisamment du phlogistique, & reparoît sous la forme d'acide marin ordinaire.

§. 15. Les autres acides, comme le *vinaigre*, ceux de *tartre*, des *fourmis* & de *phosphore* se comportent avec de l'Indigo comme l'acide marin ordinaire; ils deviennent brunâtres, mais sans se charger des molécules bleues: au contraire, ils dissolvent fort bien l'Indigo précipité, & nous avons déja remarqué que les acides huileux détruisent peu-à-peu la couleur bleue (§. 9, *e*, *f*, *g*.)

L'Indigo avec des alkalis.

§. 16. L'ALKALI DE TARTRE caustique ou bien privé d'air fixe, ne donne avec de l'eau & de l'Indigo en poudre qu'une lie noirâtre & opaque, même en bouillant. Si l'alkali est moins âcre, comme la potasse ordinaire, la liqueur devient brune, opaque. Si on verse quelque acide après avoir filtré, une matière spongieuse & brunâtre se détache. Ce précipité se dissout dans l'esprit-de-vin.

En digérant ou faisant bouillir la même poudre plusieurs fois dans des lessives alkalines nouvelles, elle donne successivement des dissolutions verdâtres de plus en plus pauvres, qui pourtant se laissent précipiter par des alkalis, comme la première. Enfin la poudre d'Indigo s'épuise, & la matière bleue reste peu diminuée, étant encore chargée de fer & des terres qui entrent dans la composition d'Indigo, comme nous le verrons bientôt.

L'Indigo précipité est dissout promptement & à froid dans une lessive alkaline; mais si l'alkali fixe est caustique, la couleur bleue change peu-à-peu en verte, qui s'affoiblit aussi successivement jusqu'à s'évanouir entièrement, sans pouvoir revenir ni par les acides, ni par aucun autre moyen. J'ajoute de l'Indigo précipité peu-à-peu jusqu'à obtenir une teinture foncée, mais pourtant transparente pour mieux observer les changemens.

L'alkali végétal cryſtalliſé ou pleinement mitigé, ne gâte pas la couleur bleue, au moins il agit très-lentement.

§. 17. *L'alkali ſixe minéral* ſe comporte avec de l'Indigo de même que l'alkali fixe végétal, étant ſeulement un peu moins fort.

§. 18. *L'alkali volatil* n'attaque non plus l'Indigo porphyriſé à l'égard des molécules bleues; il extrait ſeulement les parties qui donnent la teinture brunâtre; mais l'Indigo précipité eſt très-bien diſſout, & enfin toute la couleur bleue eſt mangée en paſſant par le verd. L'alkali volatil cryſtalliſable, c'eſt-à-dire ſaturé d'air fixe, produit le même changement, mais avec plus de lenteur. En faiſant l'expérience dans des vaiſſeaux remplis & bien bouchés, la couleur bleue eſt également détruite; mais il arrive quelquefois que la liqueur recouvre dans l'air libre un peu de verdure, mais c'eſt ſeulement pour peu de tems; elle s'évanouit de nouveau ſans ſe laiſſer reproduire ni par les acides, ni par aucun autre moyen.

§. 19. *L'eau de chaux* agit comme l'alkali volatil. Il eſt vrai qu'elle paroît entamer un peu la poudre d'Indigo; mais ſon action ne s'étend que lentement ſur une portion très-petite, & n'eſt encore que peu viſible. L'Indigo précipité eſt facilement diſſout, produit bientôt de la verdure, & change enfin en brun jaunâtre. Puiſque l'eau de chaux ſe détruit à l'air libre, il faut faire ces eſſais dans des vaiſſeaux clos. Si l'air eſt bien exclu, la diſſolution jaunâtre recouvre un peu de verdure dans l'air libre pour le perdre de rechef, comme il a déja été remarqué à l'égard de l'alkali volatil.

§. 20. Il n'eſt pas difficile d'expliquer ces phénomènes. Les alkalis ſeuls n'ont point de priſe ſur les molécules bleues, au moins ils agiſſent inſenſiblement; mais une diviſion plus parfaite, que n'en peut produire la porphyriſation les rend propres à être entamées. L'alkali volatil eſt eſſentiellement doué d'aſſez de phlogiſtique pour produire la verdure & même ſa déper-

dition; mais comment les alkalis fixes & la chaux opèrent-ils également ? Il faut premièrement obſerver que les alkalis fixes cryſtalliſés ne peuvent provoquer ces changemens. Pour les alkalis cauſtiques, ils contiennent réellement du phlogiſtique. En les ſaturant avec quelque acide une chaleur très-ſenſible eſt excitée, ce qu'on n'obſerve jamais avec les alkalis fixes parfaitement mitigés. Il en eſt de même avec la chaux; elle perd dans le feu ſon air fixe; mais elle attire en même temps de la matière qui cauſe une véritable chaleur lorſqu'on jette de la chaux fraîche dans de l'eau ou dans de l'acide. Cette matière de chaleur contient toujours du phlogiſtique, mais ne change qu'en délogeant ou regagnant ſa liberté : tandis qu'elle reſte attachée à la chaux moyennant une certaine affinité, elle eſt comme cachée, de même qu'une matière ſaturée d'une autre; mais l'eau & les acides ont plus d'affinité avec la chaux; elle eſt donc chaſſée, miſe en liberté, ou au moins entrée dans une nouvelle combinaiſon avec de l'air pur.

Les alkalis fixes deviennent cauſtiques moyennant la chaux, & cela ſe fait par un double échange; la chaux arrache l'air fixe & laiſſe la matière de la chaleur aux alkalis. On voit donc que la verdure & ſon abolition ſont encore ici cauſées par le phlogiſtique; car, quoique la matière de la chaleur ne ſoit pas le phlogiſtique ſeul, il en contient pourtant eſſentiellement. À la vérité les alkalis fixes donnent, avec l'acide de ſel déphlogiſtiqué, les mêmes ſels que l'acide de ſel ordinaire; & puiſque l'acide déphlogiſtiqué ne peut être reſtitué que par le phlogiſtique, ces phénomènes montrent évidemment que les alkalis fixes ont par eux-mêmes un peu de phlogiſtique, mais qui eſt inſuffiſant pour les changemens mentionnés, étant ou trop lié ou en quantité trop petite.

Il reſte encore à faire voir, comment la reproduction de la verdure dans l'air libre s'accorde avec notre explication générale. Je conçois la raiſon du phénomène de la manière ſuivante. L'alkali volatil & la chaux ont aſſez de phlogiſtique,

non-ſeulement pour faire naître la verdure, mais auſſi pour former du blanc diaphane dans un vaiſſeau rempli & bien bouché, de même que le font les couleurs priſmatiques réunies. En expoſant enſuite la diſſolution à l'air libre, celui-ci arrache par le premier contact tant de phlogiſtique, que le reſte ne ſuffit que pour une foible verdure, qui s'efface auſſi en très-peu de tems, toute cette aggrégation du phlogiſtique étant ici propre à ſe diſſiper entièrement. Cette explication s'éclaircit par beaucoup d'autres faits. L'acide vitriolique donne, avec de la magnéſie noire moyennant de la chaleur, une diſſolution imparfaite, rougeâtre; mais, en ajoutant du ſucre ou quelqu'autre matière, qui peut fournir la doſe néceſſaire de phlogiſtique, la liqueur devient bientôt dépourvue de toute couleur, comme de l'eau claire. On ſe ſert de magnéſie noire pour décolorer le verre, une doſe proportionnée trouve du phlogiſtique pour ſe ſaturer, & c'eſt par-là que la maſſe fondue eſt décolorée. Cela ſaute aux yeux en fondant au chalumeau ſur un charbon, un peu de ſel microcoſmique avec une mie de magnéſie noire : on obtient une petite boule tranſparente, mais de couleur cramoiſie. En tenant cette boulette fondue pluſieurs minutes de ſuite, on peut enfin la décolorer complétement par le phlogiſtique, qui eſt attiré du charbon pendant l'opération, mais touchant la maſſe encore fluide par un peu de nitre, la couleur rouge revient au moment; c'eſt parce qu'une portion de phlogiſtique ſe brûle. Si on tient la boule colorée fondue ſur une plaque d'argent, la couleur perſiſte, ne pouvant gagner ce qui manque pour diſparoître. Tout cela confirme bien viſiblement mon ſentiment. A l'égard de la couleur brunâtre, qui reſte après l'abolition de la couleur bleue & verte, il faut obſerver qu'elle dépend de la matière extractive qui eſt colorée d'une manière à ne point changer ici. Cette teinte, jaunâtre ou brunâtre ſelon la quantité de la matière extractive, eſt comme étouffée par le bleu & le verd, ne paroiſſant qu'après leur évanouiſſement.

L'Indigo examiné par la voie de fermentation.

§. 21. Pour procéder avec ordre, je commençois par le cas le plus ſimple. Je mêlois une once d'Indigo en poudre avec huit onces d'eau diſtillée dans une cucurbite ouverte, la laiſſant légèrement couverte d'une feuille de papier pour empêcher les parcelles voltigeantes dans l'air d'y tomber. C'étoit dans le mois de Juillet, que je faiſois cette Expérience & les ſuivantes : la liqueur du thermomètre de M. de *Réaumur*, montoit le plus ſouvent juſqu'à 26 degrés. Le vaiſſeau étoit placé dans un coin de mon cabinet, où il n'étoit pas expoſé aux rayons du ſoleil. Je l'examinois ſoigneuſement pendant quatre ſemaines, mais ſans remarquer autre changement que celui de l'eau, qui devenoit brunâtre : point de mouvemens tumultuaires inteſtins, point de gonflement, point d'odeur piquante qui indiquaſſent quelque fermentation. Enfin, après pluſieurs jours, une mauvaiſe odeur commençoit à ſe faire ſentir.

L'eau brunâtre faiſoit bleuir un papier teint d'abord bleu avec du tourneſol & depuis rougi par quelque acidité affoiblie, & qui alors eſt preſque auſſi ſenſible pour le plus foible alkali, comme ſa couleur bleue l'eſt pour l'acidité. D'ailleurs cette eau ſe comportoit comme la décoction d'Indigo (§§. 2, 3.)

Je recommençois la même opération avec cette ſeule différence, que l'eau fut tiède ; mais le réſultat fut le même.

§. 22. Puiſque l'Indigo refuſoit de fermenter ſeul, je fis un autre eſſai avec des portions ſemblables, ajoutant ſeulement une demi-once de ferment dont on ſe ſert pour la biere. Le jour ſuivant, quelques nuages de moiſiſſure ſe montroient à la ſurface, qui s'augmentoient juſqu'à faire une couverture toute entière. La liqueur paroiſſoit un peu louche & verdâtre, mais ne donnoit aucun ſigne de fermentation. Le cinquième jour, il en ſortoit une puanteur très-mauvaiſe.

§. 23. Je répétai encore, pour la quatrième, fois l'Expé-

rience avec les mêmes doses; mais, au-lieu du ferment, je me servis de la matiere glutineuse, tirée de la farine de froment; je ne remarquai pourtant point de différence notable, sinon que la liqueur devenoit moins verdâtre, & la couverture moins velue, que dans l'Expérience précédente.

§. 24. Enfin je pris trois pintes de dissolution de malt fait avec de l'eau chaude, & propre à faire de la biere; j'y mêlois une demi-once d'Indigo en poudre & deux onces de ferment ordinaire. Cette liqueur, qui avoit 28 degrés de chaleur, fut mise en repos & fermentoit comme à l'ordinaire, sans que je pusse y remarquer aucune différence, sinon que la biere moisissoit après quelques jours, à-peu-près comme dans les Expériences décrites.

§. 25. Nous voyons donc que l'Indigo n'est pas propre à donner des spiritueux par la fermentation : les parties extractives subissent plutôt une sorte de putréfaction, mais qui n'est pas complète, parce que la liqueur se comporte depuis comme la décoction (§§. 2, 3). Néanmoins, les molécules bleues sont plus ou moins gâtées, même un peu par l'eau seule (§. 21) : il est vrai que la couleur bleue n'est pas absolument détruite, mais en dissolvant des portions égales des résidus, qui ont subi les opérations décrites, par des quantités égales d'acide vitriolique, on trouve les dissolutions de l'Indigo, qui reste après la fermentation (§§. 22, 24), beaucoup plus foibles que les autres, qui semblent avoir très-peu souffert, quoique l'une ait été mêlé avec de la matière glutineuse de froment (§. 23).

L'Indigo soumis à l'action du feu.

§. 26. En exposant un petit morceau d'Indigo à l'action du feu dans un creuset ouvert, ou dans un têt à rôtir, sous la moufle, on voit qu'il commence à fumer, à se gonfler, à rougir, & même quelquefois à s'enflammer, donnant une flamme blanche. Pour brûler tout ce qu'il contient de combustible,

bustible, il faut le pulvériser, & encore remuer la poudre bien rougie. Je n'ai trouvé aucun Indigo qui se dissipât entièrement; il reste toujours de la cendre, soit grise de l'Indigo qui est d'une bonté médiocre, soit ferrugineuse de l'Indigo le plus choisi. 100 parties d'Indigo donnent 33 à 34 de cendre, ou 196 grains par once.

La fumée qui en sort, pendant la combustion, est rougeâtre, tirant un peu sur le bleu. Si le feu est augmenté très-lentement, l'Indigo en poudre ne s'allume pas distinctement; mais, après que toute fumée a cessé, on voit une petite flamme très-légère & blanchâtre voltiger à la surface.

§. 27. Ces cendres ne donnent point d'alkali fixe végétal étant lessivées avec l'eau distillée; mais l'eau devient pourtant alkaline par la dissolution *d'un peu des terres brûlées.* En les noyant dans l'acide marin, on voit distinctement une petite effervescence; la plus grande partie se dissout, mais environ $\frac{1}{11}$ reste, qui n'est atteint par aucun des acides ayant toutes les qualités d'une terre quartseuse, parce qu'une partie est rendue dissoluble dans l'eau bouillante par 6 d'alkali de tartre, & avec la moitié d'alkali fixe, elle donne moyennant le feu, du verre ordinaire.

La dissolution faite avec l'acide marin, produit du bleu de Prusse en y mêlant de l'alkali flogistiqué: on en obtient 30 à 32 grains par once d'Indigo; mais puisque le bleu de Prusse sans alun étant calciné à devenir rougeâtre, perd $\frac{34}{100}$, cela ne fait en chaux de fer, que 18 à 20 grains. Pour séparer les quatre terres dissolubles que nous connoissons aujourd'hui, en cas que deux ou plusieurs soient mêlées ensemble, je me sers de la méthode suivante: je précipite premièrement avec de l'alkali volatil caustique, qui fait tomber l'argile & la magnésie blanche, si l'une ou toutes deux sont présentes: la terre calcaire & celle du spath pesant restent, s'il en est quelque portion dans la dissolution; mais il faut un alkali volatil absolument caustique ou délivré de tout air fixe; car autrement ces dernières terres sont aussi

précipitées, moyennant une affinité double : je diſſous le précipité par quelque acide, & fais bouillir un peu la diſſolution avec de la craie, qui décompoſe pleinement le ſel argilleux, ſans entamer celui qui a la magnéſie pour baſe : il faut ſoigneuſement éviter la chaux qui précipite l'un & l'autre ; mais la craie étant raſſaſiée d'air fixe, n'a de priſe que ſur la combinaiſon argilleuſe.

Quand l'alkali volatil cauſtique ne précipite plus rien, j'ajoute du ſel de ſoude en cryſtaux, qui dégage, par une double décompoſition & la terre calcaire, & celle du ſpalth peſant. Pour les avoir à part, en cas qu'elles ſoient mêlées, je diſſous le précipité par l'acide marin, & laiſſe évaporer à ſiccité ; je pulvériſe la maſſe deſſéchée, & l'expoſe à l'air humide, alors le ſel calcaire ſe ſépare par déliqueſcence, l'autre n'étant que très-peu diſſoluble.

En traitant les cendres de cette façon, j'ai trouvé qu'elles contiennent par once d'Indigo, 59 grains de terre peſante, 58 de terre calcaire, 11 de poudre quartſeuſe, & environ 59 de fer calciné : j'entends par terre peſante, celle qui fait la baſe du ſpalth peſant, & qui diffère eſſentiellement de la terre calcaire, puiſqu'elle donne avec de l'acide vitriolique, le ſpalth peſant, avec de l'acide nitreux & marin des ſels cryſtalliſables, & avec le vinaigre, un ſel déliqueſcent. Pour ſéparer le plus commodément les matières mêlées dans les cendres d'Indigo, il faut les diſſoudre par du vinaigre diſtillé, qui n'attaque ni le quarts ni la chaux martiale : la diſſolution doit être évaporée juſqu'à ſiccité, & cette maſſe expoſée convenablement à l'air humide, donne, par déliqueſcence, la partie du vinaigre qui eſt ſaturée avec de la terre peſante : le quarts & le fer calciné, ſont facilement ſéparés par l'acide marin.

§. 28. En jetant de l'Indigo en poudre ſur le nitre fondu ; ou en ſemant de l'Indigo melé avec du nitre dans un creuſet bien rougi, on obſerve une détonation très-violente, qui

prouve clairement l'abondance de phlogiſtique dont la préſence eſt bien hors de doute par beaucoup d'autres indices non équivoques.

§. 29. Après avoir ſoumis l'Indigo à l'action du feu dans l'air libre, il faut encore l'examiner dans des vaiſſeaux clos. Pour avoir toutes les diverſes matières à part, qui ſe ſéparent de notre drogue en le diſtillant, j'ai fait cette opération moyennant une cornue de verre à long bec, à l'extrémité de laquelle j'ai adapté un petit récipient, dont le fond étoit percé & pourvu d'un tuyau recourbé en haut : cet appareil fut tellement placé, que l'ouverture du tuyau recourbé, étoit un pouce deſſous la ſurface de l'eau, dans un vaiſſeau de figure convenable : ſur l'ouverture du tuyau, fut placé le goulot d'une bouteille renverſée & pleine d'eau, afin de recevoir le fluide élaſtique qui ſortoit de la matière brûlée.

Quand tout cela étoit préparé, comme il falloit, je faiſois allumer du feu ; l'augmentant par degrés, d'abord quelques grandes bulles d'air montoient dans la bouteille renverſée, qui n'étoient autre choſe que l'air des vaiſſeaux dilaté par la chaleur; mais bientôt des bulles très-petites ſortoient rapidement par l'ouverture du tuyau, & continuoient juſqu'à la fin de l'opération. Au commencement un peu de flegme s'aſſembloit dans le récipient : quand le feu fut augmenté juſqu'à ſurpaſſer la chaleur de l'eau bouillante, on voyoit s'élever une fumée rougeâtre tirant ſur le bleu, qui teignoit la voûte de la cornue, mais qui, à cauſe de la longueur du col, n'atteignoit pas le récipient; enfin je pouſſois le feu juſqu'à faire fondre le fond de la cornue.

§. 30. Examinons maintenant les matières détachées. Le fluide élaſtique aſſemblé dans une ou pluſieurs bouteilles, ſelon la quantité d'Indigo, en paſſant par l'eau de chaux, la troubloit en précipitant une véritable terre calcaire; il rongeoit la teinture de tourneſol, éteignoit en un moment la flamme d'une chandelle, & faiſoit mourir un petit oiſeau;

c'étoit donc de l'air fixe, & l'Indigo en avoit donné environ une pinte, ou dix-neuf grains en poids par once.

La liqueur assemblée dans le récipient, étoit jaunâtre, pesant environ 173 grains pour chaque once d'Indigo: elle faisoit bleuir & rougir ensuite le papier teint par le tournesol, contenant environ trois à quatre grains d'alkali volatil huileux.

L'huile étoit tenace, presque noire, & ne montroit aucune rougeur, qu'étant étendue très-mince sur du verre: elle avoit tout-à-fait l'odeur d'huile empyreumatique de tabac, se dissolvoit fort bien dans l'esprit-de vin, lui donnant une rougeur un peu sombre & presque noire opaque, par la saturation.

La poudre d'Indigo au fond de la cornue, étoit charbonneuse, pesante pour chaque once d'Indigo, environ 331 grains qui, par une calcination complète dans l'air libre, se réduisent à 158 grains. Puisque le résidu charbonneux avec le flegme alkalin & l'air fixe fait 523 grains, il faut que l'huile empyreumatique pese 53 grains: je n'ai pu estimer autrement sa quantité, car elle s'applique fortement aux vaisseaux.

La composition de l'Indigo.

§. 31. En comparant les résultats de nos recherches précédentes, on peut aisément déterminer les parties constituantes de l'Indigo: il y a quelque différence dans les proportions, mais qu'on peut négliger ici dans l'examen du bon Indigo, dont on se sert ordinairement: voici une analyse suivie de 100 parties.

Partie mucilagineuse séparable moyennant de l'eau,.	12	(§. 2.)
L'esprit-de-vin bien rectifié détache des parties résineuses.	6	(§. 5.)
Du vinaigre distillé dissout la partie terreuse, mais n'attaque pas le fer, qui est ici en forme de chaux,.	22	(§. 15.)
L'acide marin emporte le fer calciné, ...	13	
	53	

Les 47 parties restantes, après ces opérations, ne sont que des molécules bleues presque pures : je les ai distillées à la manière décrite (§. 29.) Elles m'ont donné d'air fixe 2, de liqueur alkaline 8, de l'huile empyreumatique 9, & de charbon 23. Le charbon brûlé en air libre, présente quatre parties de terre de couleur de brique, dont environ la moitié est de fer calciné, & le reste une poudre quartseuse infiniment subtile : je trouve un peu plus de fer par cette méthode, qu'en brûlant l'Indigo d'abord dans un vaisseau ouvert (§. 27); mais cette différence dérive probablement de l'Indigo même.

§. 32. La preuve la plus complète d'une analyse, est la recomposition, mais il faut avouer que l'art n'y peut atteindre à l'égard des matières végétales & animales; la raison en est que l'art ne peut imiter la structure organique, qui le plus souvent produit des combinaisons, qui ne se peuvent faire autrement : nonobstant cet obstacle, j'ai été assez téméraire pour tenter la recomposition de l'Indigo, & si je n'ai pas encore réussi parfaitement, j'ai au-moins assez vu pour croire ce problême soluble, & nous aurons certainement tôt ou tard des Fabriques d'Indigo en Europe, sans avoir besoin d'acheter chèrement cette drogue dans les Indes : les molécules bleues sont les parties essentielles, les autres étant ou étrangères, ou tout au plus la matrice qui les a réunies : l'art nous présente journellement deux matières qui ont la convenance la plus marquée avec les molécules bleues d'Indigo, & il n'est pas hors de propos de les comparer ici; ces deux matières sont l'encre & le bleu de Prusse.

Ces trois drogues conviennent en couleur : l'Indigo, l'encre bien lavée & le bleu de Prusse sans alun, sont d'un bleu noir; l'acide vitriolique n'attaque pas le bleu de Prusse, dissout l'Indigo en conservant la couleur bleue, & encore mieux l'encre, puisque la dissolution perd toute couleur, & que la noirceur reparoît en saturant l'acide avec un alkali; l'acide nitreux bien

concentré & délivré du flogiſtique (§. 10), bouillant avec du bleu de Pruſſe, détruit enfin la couleur bleue, & il l'emporte beaucoup plus facilement que les deux autres, ſans qu'elle puiſſe reparoître enſuite, ſi l'acide a eu aſſez de tems pour dévorer le flogiſtique ; le vinaigre détruit le bleu d'Indigo ſuffiſamment ſubtiliſé (§. 9 *f.*) ; mais le bleu de Pruſſe & l'encre réſiſtent mieux ; il eſt pourtant digne d'être remarqué que l'alkali flogiſtiqué, mêlangé avec un peu de vinaigre, ſoit pour précipiter un peu du bleu de Pruſſe diſſous, en cas qu'on ſe ſoit ſervi de cette matière, ſoit pour ſaturer l'alkali, dont ordinairement une portion eſt libre & cauſe de la confuſion, quand on fait uſage de cette liqueur ; il eſt digne d'attention, dis-je, qu'un tel mêlange perde dans quelques ſemaines, ſa faculté de donner du bleu de Pruſſe avec des diſſolutions martiales ; l'alkali cauſtique mange la couleur du bleu de Pruſſe, mais la redonne au fer diſſous par quelque acide, comme l'a expliqué le célèbre *M. Macquer* ; cela n'arrive pourtant pas aux autres ; car la couleur bleue une fois perdue, ne peut reparoître en aucune manière connue juſqu'ici ; enfin le bleu de Pruſſe, les molécules bleues d'encre & d'Indigo, ſont toutes trois des combinaiſons de fer avec une matière phlogiſtique, mais qui pourtant eſt différemment modifiée, & de cette variation dérive ſans doute que l'union eſt plus étroite dans le bleu de Pruſſe, que dans les autres ; il faut néanmoins avouer que cette couleur même n'eſt pas toujours également ſtable.

En analyſant l'Indigo, j'ai trouvé du fer non-ſeulement dans les molécules bleues, mais auſſi dans les autres parties moins eſſentielles. On peut avoir chaque portion à part : ſi on met de l'Indigo pulvériſé en digeſtion avec de l'acide marin, le menſtrue ſe colore en jaune, & donne avec l'alkali phlogiſtique, le bleu de Pruſſe : les autres acides, comme le vitriolique, le nitreux & le vinaigre, qui n'attaquent que peu ou point le fer dépourvu de phlogiſtique, ne peuvent pas ſervir ici ; le fer des molécules bleues ne peut être ſéparé par aucun acide, & je ne connois d'autre moyen pour l'avoir à part, que la diſſi-

pation ou destruction des parties phlogistiques; car, après la combustion en air libre, l'acide marin s'en charge facilement.

Quoique je me sois principalement servi d'Indigo ordinaire dans mes recherches décrites, je n'ai pourtant pas négligé de le comparer avec le plus choisi qui ne me semble différer de l'autre, que par une plus grande quantité des molécules bleues; j'ai pourtant quelquefois trouvé un peu d'argile dans l'Indigo de Guatimala; mais la partie terreuse n'est pas ici un principe essentiel.

Application des Recherches précédentes.

§. 33. Après avoir analysé l'Indigo, & considéré ses diverses relations avec d'autres matières, il faut maintenant voir comment la pratique ordinaire s'accorde avec les connoissances acquises. Les Arts, & principalement les Arts Chimiques, n'ont fait de progrès que très-lentement, & de notre tems; & comment en seroit-il arrivé autrement? car, sans connoître les vrais principes de la saine Physique, un Artiste ressemble à un aveugle qui ne peut faire quelques pas qu'en tâtonnant. Je ne suis donc point étonné de l'innombrable multitude des essais, des vaines tentatives, des hasards heureux & inespérés, des pertes par lesquelles on a passé avant de trouver les procédés dont on se sert aujourd'hui pour teindre en bleu, sans parler d'autres opérations encore plus difficiles.

§. 34. Les procédés pour teindre en bleu avec l'Indigo, diffèrent beaucoup entr'eux, mais nous n'envisagerons que les principaux phénomènes.

On se sert ordinairement des matières alkalines pour développer la faculté colorante de l'Indigo; nous avons pourtant prouvé par des expériences, que ces substances n'attaquent pas les molécules bleues, avant d'être subtilisées auparavant par l'acide vitriolique; quelles sont donc les raisons de cette pratique? il faut, 1.° remarquer que les alkalis dissolvent le

résineux qui enveloppe les particules bleues, qui par-là sont mises plus à nud, & comme préparées pour être entamées par quelque autre substance convenable. 2.° Les alkalis, particulierement la chaux, attaquent la composition des végétaux, & détruisent la structure organique, soit en se chargeant de l'air fixe, qui est comme le ciment de ces particules, soit en dissolvant les acides, les parties huileuses & résineuses qui s'y peuvent rencontrer. Pendant cette décomposition, une grande quantité de phlogistiqne se développe, qui rencontrant les molécules bleues dénuées, s'y attache légèrement, faisant l'accumulation nécessaire pour les tourner en verd, si la chaleur & les autres circonstances y sont propres, comme j'ai tâché de le prouver auparavant, (§§. 11, 20), & l'expliquerai encore davantage toute-à-l'heure.

Donc, quoique les alkalis seuls ne puissent entamer les molécules bleues, ils les délivrent, d'un côté, d'un obstacle, & de l'autre, en decomposant les matières végétales ajoutées, fournissent du phlogistique.

§. 35. Que la verdure du bain d'une cuve est produite par l'abondance du phlogistique, c'est une vérité fondamentale, & pour l'assurer davantage, considérons la cuve d'Inde à froid pour le fil & le coton, qui de toutes est la plus simple, parce qu'on peut omettre & l'alkali & la garance; la chaux & le vitriol verd sont suffisans pour la faire travailler: avec trois gros de vitriol verd, autant d'Indigo choisi, le double de chaux & une pinte d'eau, je prépare à coup sûr, une cuve, qui ordinairement travaille après six heures: ensuite en gardant les mêmes proportions & le même traitement, j'ai seulement déphlogistiqué auparavant le vitriol, en le faisant bouillir dans beaucoup d'eau pendant plusieurs heures, réduisant enfin la dissolution à une pinte par l'évaporation; & alors je n'ai jamais réussi à la faire travailler. Toutes les circonstances sont ici les mêmes, excepté la présence du phlogistique; il est donc bien évident que la différence des résultats n'est

causée

causée que par-là : nous en verrons encore une nouvelle preuve dans le paragraphe suivant : l'opération est presque aussi simple que celle dont nous venons d'expliquer la vraie cause ; les cas plus compliqués, dépendent absolument du même ressort; mais celui-ci est plus caché par plusieurs matières, qui empêchent de le démêler & le voir distinctement.

§. 36. En contemplant les autres manières de teindre en bleu avec l'indigo, moyennant des alkalis, fixes ou volatils, on trouvera facilement la présence des matières, qui contiennent plus ou moins d'huileux, de résineux, & même de phlogistique presque libre, je n'ai donc pas peur que ma conclusion souffre quelque exception; il faut pourtant encore m'arrêter un peu, en examinant un procédé qui est très-bon pour le fil & le coton. L'opération est achevée, dans un quart-d'heure, de la manière suivante. On prend de la lessive des savonniers très-forte dans un chaudron, on y ajoute trois gros d'Indigo bien pulvérisé pour chaque pinte de liqueur. Après quelques minutes, quand les fécules colorantes sont bien pénétrées, on met dans la liqueur six gros d'orpiment en poudre : on doit bien pallier, après quoi dans peu de minutes le bain devient verd, fait de la fleurée bleue & montre une pellicule. C'est alors qu'il faut appaiser le feu & plonger la matière à teindre.

L'explication est très-facile. L'orpiment contient du soufre & par conséquent du phlogistique. Par la dissolution dans la lessive, il se forme un foye de soufre & d'arsenic, qui laisse facilement échapper le phlogistique, comme on peut le conclure de l'odeur & de la décomposition, qui se fait en peu de temps en air libre. Si on met d'abord autant d'arsenic dans la lessive, qu'il en entre dans la dose usitée d'orpiment, on a beau faire bouillir le bain, il ne sera jamais propre à teindre; mais, en ajoutant la qualité manquante de soufre, on verra naître, après quelques momens, la pellicule cuivreuse, la fleurée bleue & la verdure du bain.

Avec de l'Indigo précipité, l'orpiment ne cause aucun changement, (§. 9, *cc.*) & la raison en est, que l'union du phlogistique est trop forte : il faut de la chaleur & de l'alkali pour le relâcher.

§. 37. Il reste à expliquer pourquoi les cuves d'Indigo manquent quelquefois & se gâtent totalement. Nous en avons déjà entrevu la raison (§§. 11, 20.) Le phlogistique étant, ou assez abondant, ou moyennant la chaleur, assez actif pour ébranler tellement les molécules bleues, qu'elles laissent échapper une grande partie de leur phlogistique, il est bien nécessaire que leur couleur bleue s'efface. Cela arrive principalement en se servant d'Indigo & de pastel ensemble. Le pastel est une matière végétale pourrie à demi, qui mise dans l'eau achève sa destruction, moyennant de la chaleur & de l'alkali, fournissant, comme il se fait ordinairement en tel cas, beaucoup de phlogistique. L'Expérience décrite ci-dessus, montre aussi que le pastel fait plutôt évanouir la couleur bleue, que ne le fait une égale portion de garance. La difficulté de modérer la dose de phlogistique, dérive sur-tout de la qualité du pastel, dont les parties sont inégalement avancées dans la pourriture, & agissent différemment selon ces divers dégrés. Ce n'est donc ni l'identité des doses, ni des circonstances, ni le même traitement qui peuvent toujours assurer la cuve; le plus habile guesderon n'est que très-souvent trahi, sans en pouvoir rendre raison. La perte une fois faite, il n'est pas moyen d'y remédier, puisque les molécules qui devoient teindre, sont détruites, & pour gouverner à coup sûr cette cuve, il faudroit avoir des signes infaillibles pour connoître l'état actuel du pastel, ce qui, le plus souvent, n'est point du tout aisé; puisque non-seulement les différentes portions d'une balle, mais aussi le plus grand nombre des feuilles sont inégalement avancées dans la pourriture. Le premier pas à faire regarde donc la préparation du pastel, qui doit toujours & tout entier être de la même qualité, au moins est-il nécessaire de découvrir des indices convenables, qui annoncent

sûrement les différens degrés de putréfaction ; à l'égard des cuves composées avec de l'Indigo seul, elles manquent très-rarement, & cela n'arrive encore que par ignorance ou par négligence.

§. 38. La verdure du bain d'une cuve d'Indigo, ne peut naître de la petite quantité d'alkali volatil qui se développe, ni l'étoffe teinte déverdir par sa dissipation : la cause n'est pas proportionnée à l'effet ; c'est plutôt le phlogistique, qui, dans le bain, reste légèrement attaché aux molécules bleues, mais qui étant exposé à l'action de l'air libre, qui attire cette substance puissamment, est enlevé en peu de momens : voilà la raison de la fleurée bleue, & de l'étoffe déverdie. Il est vrai que l'alkali volatil tourne le bleu d'Indigo précipité, en verd (§. 18), mais cela se fait moyennant le phlogistique qui lui est essentiel : l'alkali fixe fait de même, sur-tout aidé d'un phlogistique étranger (§. 20.). La verdure du bain d'une cuve d'Indigo n'est pas produite, si je ne me trompe, par la faculté connue des alkalis de verdir les sucs bleus des végétaux, car plusieurs matières, qui ne sont pas alkalines, & même les acides phlogistiques & huileux, peuvent tourner le bleu d'Indigo en verd, (§. 9, *b*, *e*, *f*, *g*,). L'Indigo fait aussi exception à l'égard des acides, parce qu'il ne rougit par aucun, pas même par l'acide vitriolique le plus concentré.

§. 39. La cuve d'Indigo consume, selon toutes les apparences, une bonne quantité des particules colorantes à pure perte ; puisqu'il faut beaucoup de phlogistique pour les mettre en action, & qu'un peu trop gâte plus ou moins selon les circonstances : il est très-probable qu'un grand nombre des molécules sont détruites, avant que la pluralité ait atteint le degré qu'il faut pour travailler. Je m'imagine que cette opération se passe à-peu-près comme la fermentation. Toutes les parcelles ne sont pas de la même qualité ; les plus disposées à fermenter commencent les premières, & ont déjà avancé jusqu'au second degré ; c'est-à-dire, jusqu'à la fermentation acide, quand la

pluralité eſt au milieu de la ſpiritueuſe; on voit par-là pourquoi une biere toute fraîche & prête à être entonnée, fait déjà rougir un papier teint en bleu avec du tourneſol, & pourquoi le vinaigre contient très-ſouvent de l'alkali volatil. De même quand le plus grand nombre des molécules bleues d'une cuve ſont dans l'état propre à teindre, celles qui s'y apprêtoient les premieres l'ont déjà paſſé.

D'un autre côté, en développant ſucceſſivement les particules colorantes les plus tardives, le marc s'augmente juſqu'à ternir l'ouvrage, & il faut enfin jeter le bain, avant qu'il ait perdu toute ſa qualité colorante.

Enfin, quoique la cuve de paſtel, qui contient en même tems de l'Indigo, puiſſe être regardée comme la plus difficile à poſer & à manier, on s'en ſert pourtant ordinairement dans les grands atteliers, parce qu'on expédie beaucoup plus d'ouvrage quand elle réuſſit.

Tous ces déſavantages font bien deſirer quelqu'autre procédé plus sûr & moins embarraſſant. Je vais donc en propoſer un qui réuſſit toujours & très-facilement, qui peut être effectué ſans perte, & au moins dans quelques cas donne du bleu parfaitement fixe.

§. 40. Nous avons déjà remarqué que l'acide vitriolique diſſout l'Indigo, (§. 8.) On a auſſi commencé, il y a pluſieurs années, de ſe ſervir de cette diſſolution pour teindre; mais on a obſervé avec étonnement, que le bleu d'Indigo, ailleurs ſi fixe, n'étoit en cette façon qu'une couleur fauſſe ou de petit teint. Cette obſervation n'eſt pas généralement vraie, ſi on opère comme il faut. L'acide vitriolique délayé d'eau, n'attaque aucunement les molécules bleues; ce qu'on appelle ordinairement huile de vitriol, donne avec l'Indigo une couleur brillante, mais fauſſe, & ce n'eſt que l'acide le plus concentré qui réuſſit bien. L'Indigo précipité ſe diſſout facilement dans tous les acides, & on peut s'en ſervir pour

teindre; mais cette méthode eſt plus embarraſſante & plus chère que d'employer la première diſſolution, moyennant l'acide vitriolique.

§. 41. Je prépare la teinture d'Indigo de la maniere ſuivante. Une partie d'Indigo en poudre très-ſubtile, eſt miſe dans un flacon de verre, je verſe deſſus l'acide vitriolique clair, & très-bien concentré, je bouche légèrement le flacon, & le laiſſe expoſé à une chaleur de 30 à 40 degrés, pendant 24 heures. Enfin j'y ajoute peu-à-peu 91 parties d'eau pure, broyant bien tous les grains, qui peuvent encore reſter dans un mortier de terre. Voilà une teinture qui eſt bleue, mais qui doit être délayée par une bonne quantité d'eau, avant de devenir tranſparante, quoiqu'elle ne contienne qu'une partie d'Indigo pour cent.

§. 42. Avec la teinture décrite, j'ai teint de l'étoffe de laine, dont le poids a toujours été ſuppoſé 1, pour proportionner les doſes des autres matières auſſi en poids. L'étoffe étoit auparavant plongée dans de l'eau bouillante, & y reſtoit pendant 24 heures, d'où elle étoit tirée, exprimée, & miſe dans un bain colorant.

(a) Le bain fut compoſé d'une partie de teinture, & de 76 d'eau bouillante. Après 36 heures, le bain étoit ſans couleur comme de l'eau. L'étoffe qui coloroit l'eau de lavage étant deſſéchée, avoit gagné un bleu céleſte, plein & très-joli.

(73.) Deux parties de la teinture, & 76 de l'eau bouillante, ſe décolorent parfaitement en 80 heures. L'étoffe ne coloroit pas l'eau de lavage, & avoit un bleu de reine.

(c) 2 $\frac{1}{2}$ parties de teinture, & 76 de l'eau bouillante ſe décoloroient en 96 heures. L'étoffe ne coloroit pas plus l'eau de lavage que les précédentes & les deux ſuivantes: elle étoit bleu turquin.

(d) 4 parties de teinture, & 76 d'eau bouillante se décoloroient en 112 heures. L'étoffe étoit bleu pers.

(e) 7 ½ parties de teinture, & 76 d'eau bouillante avoient une couleur bleue, verdâtre, à peine visible après 136 heures. L'étoffe avoit un bleu d'enfer.

(f) 7 ½ parties de teinture, & 76 d'eau froide se comportoient parfaitement, comme dans l'*Exp. e.* L'étoffe avoit aussi la couleur bleue noire, comme *e.*

L'étoffe étant 1 & trempée dans de l'eau pendant 24 heures, comme dans les Expériences précédentes, j'ai mêlé 9 ½ parties de teinture, avec 76 d'eau bouillante & saturé par différens sels, pour voir clairement leurs influences.

(g) Les parties d'eau saturées avec le sel de soude. L'étoffe fut tirée après 96 heures, comme dans les Expériences suivantes de ce §, elle coloroit plusieurs eaux de lavage, & avoit un bleu très-pâle.

(h) L'eau saturée avec le sel de Glauber. L'étoffe bien exprimée coloroit l'eau de lavage, mais la couleur avoit un bleu pers très-joli.

(i) L'eau saturée avec du nitre putrifié. L'étoffe ne coloroit pas l'eau de lavage, mais la couleur étoit d'un bleu mignon.

(k) L'eau saturée avec du sel marin. L'étoffe coloroit l'eau de lavage, & avoit un bleu de roi.

(l) L'eau saturée avec du sel ammoniac. L'étoffe coloroit l'eau de lavage, & avoit un bleu céleste très-plein.

(m) L'eau saturée avec de l'alun romain. L'étoffe coloroit l'eau de lavage & avoit un bleu pers.

(n) L'eau saturée avec de la crême du tartre. L'étoffe coloroit l'eau de lavage & avoit la même couleur de bleu pers.

L'effet a été presque le même, quand l'étoffe avoit trempé

24 heures dans des diſſolutions ſaturées des ſels mentionnés, avant d'être plongée dans ſon bain.

§. 43. Nous avons déjà obſervé que l'eau peut extraire de l'Indigo une teinture jaunâtre, & qu'une leſſive alkaline produit une teinture plus forte brunâtre (§§. 3, 16). J'ai trempé de l'étoffe dans chacune ſéparément, pendant 24 heures: j'ai enſuite mis les pièces préparées dans des bains, qui contenoient 2 ½ parties de la teinture d'Indigo, & 76 d'eau bouillante; &, pour voir la différence, j'ai ajouté dans les mêmes bains des échantillons, préparés ſeulement dans de l'eau, comme auparavant.

(o) L'étoffe préparée dans la teinture aqueuſe, (§. 3,) avec un morceau égal, préparé ſeulement dans de l'eau, furent mis enſemble dans le bain, & y reſterent 40 heures; c'eſt-à-dire, juſqu'à ce que toute la couleur de la liqueur fût abſorbée. Les échantillons avoient la même nuance du bleu, au moins il n'y avoit aucune différence notable, quoique l'un fût auparavant d'une couleur pâle, ventre de biche pâle.

(p) L'étoffe préparée dans la teinture alkaline, (§. 16,) & un morceau trempé ſeulement dans de l'eau, furent traités de la même façon. A l'égard de la nuance, je n'ai pu non plus obſerver ici aucune différence, quoique l'un des échantillons eut pris un peu de couleur jaune alkaline.

§. 44. On peut conclure des Expériences décrites, 1.° Que notre teinture d'indigo eſt très-commode pour teindre l'étoffe de laine. 2.° Que l'opération n'uſe que très-peu d'Indigo, puiſqu'il ne faut qu'une partie d'Indigo pour produire un bleu noir ſur 260 d'étoffe (§. 42, *e*), qui alors paroît être ſaturée, & ne pourroit recevoir ſolidement plus d'Indigo. 3.° Que le bain froid agit auſſi-bien que le chaud. (§. 42, *i*) 4.° Que l'opération peut ſe faire ſans perte, puiſque le bain ſe décolore enfin parfaitement (*a-j, o p.*), & que s'il a été trop chargé, on peut ajouter de l'étoffe qui ne ſoit pas ſaturée, qui abſorbe

toute la couleur restante. On peut encore éviter de perdre quelques molécules bleues dans le lavage (*a-f*, *h*, *i*, *m*, *n*.) 5.° Qu'il y a une plus grande affinité entre le bleu d'Indigo & l'étoffe bien trempée, dans de l'eau qu'entre ce même bleu & l'eau acidule; le bleu est donc précipité par l'étoffe. 6.° Que tous les sels dont nous avons fait usage (§. 42, *g-n*), diminuent l'affinité mentionnée, mais plus ou moins, selon les nuances décrites. 7.° Que la préparation d'étoffe dans de la teinture jaune d'Indigo (§. 43), ne fait aucune différence à l'égard de la quantité des molécules bleues attirées, puisque la nuance est la même, quand l'étoffe a seulement trempé dans de l'eau pure.

§. 45. J'ai semblablement essayé de produire du bleu sur la soie. Je la faisois tremper dans de l'eau comme ci-dessus Le poids de la matière à teindre est encore ici 1, comme dans toutes les autres expériences : l'échantillon fut tiré du bain après 144 heures.

(*q*) Le bain étoit un mélange de 18 parties de teinture, & de 76 d'eau froide. La soie prenoit une couleur bleue foncée, mais le bain étoit encore fortement coloré.

(*r*) Comme le bain de l'Expérience *g* avoit beaucoup de couleur, quand l'étoffe de laine fut tirée, j'y ai mis de la soie, qui n'est devenue que grise bleuâtre. Le bain restant avoit encore de la couleur.

(*s*) Le bain restant dans l'Expérience *h* donnoit à la soie un bleu céleste.

(*t*) Le bain restant dans l'Expérience *j* ne produisoit qu'un bleu pâle.

(*u*) Le bain restant dans l'Expérience *k* donnoit du bleu encore plus pâle.

(*x*) Le bain restant dans l'Expérience *l*, donnoit une nuance

plus

plus foncée que celle de l'Expérience *f*, mais plus pâle que celle de l'Expérience *ſ*.

(y) Le bain reſtant dans l'Expérience *m*, produiſoit la même nuance que l'Expérience *x*.

(z) Le bain reſtant dans l'Expérience *n*, donnoit un bleu pâle verdâtre.

Le bain étoit à la fin de cette Expérience preſque décoloré ; tirant ſeulement un peu ſur un bleu verdâtre ; mais, dans les Expériences précédentes, les bains contenoient encore beaucoup de couleur.

(a) Dans un bain de 76 parties d'eau bouillante, avec 5 de teinture, la ſoie préparée comme l'étoffe de l'Expérience *o*, devenoit bleue céleſte très-jolie, & celle qui avoit ſeulement trempée dans de l'eau, gagnoit la même nuance.

(b) Le bain étoit comme le précédent, mais la ſoie préparée comme l'étoffe de l'Expérience *p*, donnoit la même nuance aux deux échantillons, dont l'un n'avoit trempé que dans l'eau pure.

§. 46. La teinture d'Indigo fait donc du bleu ſur la ſoie comme ſur l'étoffe ; mais l'affinité qui doit précipiter les molécules bleues, eſt plus foible. Je regarde cette opération comme une véritable précipitation, & on peut aiſément s'en convaincre par l'examen d'un bain entièrement décoloré ; car l'acide vitriolique, qui tenoit auparavant le bleu en diſſolution, y reſte dépouillé. Quoique les échantillons teints réſiſtent fort bien à l'eau ſeule, ils ne peuvent pourtant ſupporter l'action du ſavon, qui emporte facilement toute la couleur, parce que la ſoie a une plus grande affinité avec le ſavon qu'avec les molécules bleues.

§. 47. Les matières végétales font la plus grande difficulté dans l'art de la teinture. Pour voir l'effet de la teinture d'Indigo fur du fil, j'ai fait les mêmes essais qu'avec la soie, mettant les échantillons ensemble, dans les mêmes bains déjà décrits, & c'est pourquoi je les indique par les mêmes lettres.

(q) L'échantillon avoit un bleu très-pâle.

(r) L'échantillon étoit encore plus pâle que le précédent. Le bain étoit saturé de sel de soude.

(ſ) L'échantillon n'avoit que la couleur pâle de *q*. Le bain saturé de sel de Glauber.

(t) L'échantillon étoit comme le précédent. Le bain saturé de nitre.

(v) L'échantillon étoit comme le précédent. Le bain saturé de sel marin.

(x) L'échantillon avoit un bleu naissant, plus foncé que tous les autres. Le bain saturé de sel ammoniac.

(y) L'échantillon étoit comme *q*. Le bain saturé d'alun.

(z) L'échantillon étoit le plus pâle de tous. Le bain saturé de crême de tartre.

(a) Les deux échantillons gagnoient la même nuance que de *q*.

(b) Ces deux échantillons ressembloient parfaitement aux deux précédens.

§. 48. On peut conclure des Expériences dont nous venons de rapporter les résultats, que la teinture d'Indigo est très-propre & très-commode, pour faire toutes sortes de belles nuances en bleu sur de la laine & de la soie, mais sur du fil

& du coton, elle ne produit que des couleurs très-pâles. On croit ordinairement que l'Indigo diſſout par l'acide vitriolique, ne donne que des couleurs de petit teint, & il faut avouer que, quoique très-jolies, elles ſont le plus ſouvent très-ſujettes à ſe ternir ou à s'affoiblir étant expoſées aux rayons du ſoleil. Mais, en ſe ſervant d'un acide vitriolique aſſez concentré, elles deviennent beaucoup plus fixes, & les nuances les plus foncées ne s'altèrent aucunement. J'ai expoſé tous les échantillons au ſoleil pendant deux mois : ceux qui étoient d'un bleu d'enfer ne changeoient point ; les bleus pers & Turquin s'affoibliſſoient à peine ſenſiblement, mais les nuances plus claires ſouffrent bien davantage : à la vérité elles ne s'effacent pas entièrement, mais elles deviennent ternes & verdiſſent.

Cette façon de teindre n'eſt donc point dans tous les cas préférable à l'ancienne ; mais cela n'empêche pas qu'elle ne puiſſe devenir très-utile, étant déjà très bonne pour les nuances foncées, & recommandable à d'autres égards. J'eſpère auſſi que ces Expériences, qui ſont très-amuſantes, & ſe peuvent faire très-commodément, ſeront dans peu de tems aſſez multipliées & aſſez variées pour obtenir quelque moyen propre à fixer les nuances les plus claires : ſi cela arrive, comme il y a tout lieu de le croire, on oubliera bientôt l'ancienne méthode, plus chère & plus embarraſſante. Pour le fil & le coton, on a une maniere de teindre décrite (§. 36), qui ne manque jamais, & dont la couleur réſiſte fort bien au ſavon, au cas qu'on ne trouve pas quelque expédient, d'augmenter à ſouhait l'attraction entre ces matieres & les molécules bleues diſſoutes par l'acide vitriolique.

§. 49. Avant de finir, je dois avertir que l'Indigo précipité (§. 9, *m*), présente pour la miniature une couleur excellente, à l'égard soit de la beauté, soit de la fixité; il est pourtant fâcheux qu'il ne se sépare de la teinture qu'imparfaitement, & de plus très-lentement.



RECHERCHES

SUR

LA MEILLEURE MANIÈRE DE FABRIQUER LES AIGUILLES AIMANTÉES,

De les ſuſpendre, de s'aſſurer qu'elles ſont dans le véritable Méridien magnétique; enfin de rendre raiſon de leurs Variations diurnes régulières:

PIÈCE QUI A PARTAGÉ LE PRIX PROPOSÉ POUR L'ANNÉE 1777.

Faciliùs quid non ſit quam quid ſit de hujuſmodi rebus poſſe confirmari. CIC.

Par M. COULOMB,

Capitaine en premier au Corps-Royal du Génie, Correſpondant de l'Académie des Sciences.



RECHERCHES
SUR
LA MEILLEURE MANIÈRE
DE FABRIQUER
LES AIGUILLES AIMANTÉES.

TANDIS que toutes les parties de la terre ſont unies par leurs beſoins reſpectifs & par l'échange de leur ſuperflu; tandis que des armées & des nations entières couvrent & habitent les mers: des Savans auſſi reſpectables par leur amour pour le bien public, que par leur génie, propoſent aux recherches des Phyſiciens & des Géomètres, la perfection de l'inſtrument qui dirige la marche des vaiſſeaux; qui, placé au centre d'un horizon vaſte & uniforme, trace une ligne dont la direction eſt connue: c'eſt ſervir l'Humanité & ſa Patrie, que de répondre à leurs vues, & d'eſſayer ſes forces ſur un objet auſſi utile.

DÉFINITIONS ET PRINCIPES.

1. Si l'on suspend une Aiguille aimantée par ſon centre de gravité, autour duquel on ſuppoſe qu'elle peut tourner librement dans tous les ſens, elle prendra une direction fixe, en ſorte que, ſi on l'éloignoit de cette direction, elle y ſeroit toujours ramenée en oſcillant.

Si, par la direction de cette Aiguille, on fait paſſer un plan vertical, ce plan ſera le méridien de la Bouſſole, ou autrement le méridien magnétique. L'angle formé par ce plan avec le véritable méridien du monde, ſera la déclinaiſon de la Bouſſole.

Si par le point de ſuſpenſion de l'Aiguille, l'on fait paſſer un plan horizontal, l'angle formé par la direction de l'Aiguille avec ce plan, ſera l'inclinaiſon de la Bouſſole.

L'on diſtingue dans les Aiguilles Aimantées, leurs extrémités ſous le nom de *poles*. L'extrémité qui ſe dirige à-peu-près vers le Nord, s'appelle pole boréal. L'extrémité qui ſe dirige à-peu-près vers le Sud, s'appelle pole auſtral. Les poles du même nom de différens aimans ou Aiguilles, paroiſſent exercer les uns ſur les autres une force répulſive. Les poles de différens noms paroiſſent avoir une force attractive.

Les lames d'acier ne ſont ſuſceptibles que d'un certain degré de magnétiſme qu'elles ne peuvent outre-paſſer. Parvenues à ce point, on dit qu'elles ſont Aimantées à ſaturité.

PREMIER PRINCIPE FONDAMENTAL.

2. Si, après avoir ſuſpendu une Aiguille par ſon centre de gravité, on l'éloigne de la direction qu'elle affecte naturellement, elle y eſt toujours ramenée par des forces qui agiſſent parallélement

parallélement à cette direction, qui ſont différentes pour les différens points de l'Aiguille; mais qui ſont les mêmes pour chacun de ces points en particulier, dans quelque poſition que cette Aiguille ſoit placée, par rapport à ſa direction naturelle. En ſorte qu'une Aiguille Aimantée éprouve toujours la même action, dans quelque poſition qu'on la ſuppoſe, de la part des forces magnétiques de la terre.

Développement de ce Principe.

Le globe de la terre eſt un aimant naturel qui, par ſon action, produit la direction de la Bouſſole. Si l'on ſuppoſe que les forces aimantaires ſont des forces attractives ou répulſives; les centres de ces forces, placés dans le globe de la terre ſeront, par rapport à la longueur de la Bouſſole, à une diſtance que l'on peut regarder comme infinie. Mais, comme l'action des forces attractives ou répulſives, dépend de la nature & de l'intenſité des maſſes, & d'une fonction de la diſtance, la diſtance pouvant être ſuppoſée la même, dans quelque poſition que l'on place la Bouſſole, & chaque point de cette Bouſſole pris en particulier, n'éprouvant dans les changemens de poſition aucune variation par rapport à la conſtitution de ſes parties, il s'enſuit que chacun des points de l'Aiguille ſera ſollicitée par une force dont la direction ſera toujours la même, & dont l'intenſité ſera indépendante de la poſition de l'Aiguille.

Les Expériences de M. *Muſſchenbroek*, & celles de *Wiſton*, citées par le même Auteur, viennent à l'appui de la théorie. M. *Muſſchenbroek* (*Diſſertatio de magnete*, Exp. CIII.), a trouvé, que lorſque l'on faiſoit oſciller une Aiguille d'inclinaiſon dans un autre plan vertical, que le méridien magnétique, les forces, qui produiſoient les oſcillations dans les différens plans étoient entr'elles comme les coſinus d'inclinaiſon, formée par la direction naturelle de l'Aiguille avec ces plans. Or ſi l'on ſuppoſe que la force particuliere qui ſollicite chaque point de la Bouſſole, a toujours la même direction, & que ſon action

eſt indépendante de la poſition de l'Aiguille, il réſultera de cette ſuppoſition & du principe de la décompoſition des forces, que les forces qui feront oſciller l'Aiguille Aimantée dans des plans inclinés à la direction naturelle, ſeront comme les coſinus des angles que forment ces plans avec cette direction. Ce qui étant confirmé par l'expérience, il en réſulte que le principe établi eſt légitime.

Un autre fait que nous avons tous les jours ſous les yeux, prouve encore, ce me ſemble, ce principe d'une manière incontestable. Lorſque l'on ſuſpend ſur la pointe d'un pivot une Aiguille ordinaire de déclinaiſon, ſi elle étoit en équilibre, avant d'être aimantée, elle ceſſera de l'être lorſqu'elle aura été aimantée, la partie boréale ſe trouvera plus peſante que la partie auſtrale, & l'on ſera obligé, pour rétablir l'équilibre, ou d'ajouter un petit contrepoids à la partie auſtrale, ou de diminuer la peſanteur de la partie boréale. Ce ſont donc des forces dépendantes de la vertu aimantaire qui augmente la peſanteur de la partie boréale, ou qui diminue celle de la partie auſtrale. Mais lorſqu'on a rétabli l'équilibre par un petit contrepoids, ſi la Bouſſole ſe trouve dans une ſituation horizontale dirigée naturellement dans ſon méridien magnétique, & ſi l'on fait tourner cette Bouſſole horizontalement, elle continuera, abandonnée à elle-même, à reſter horizontale dans toutes les poſitions où elle ſe trouvera amenée par ſon mouvement oſcillatoire. Par conſéquent la force aimantaire augmente la peſanteur de la partie boréale, ou diminue la peſanteur de la partie auſtrale d'une même quantité, dans quelque poſition que cette Bouſſole ſe trouve, par rapport à ſon méridien magnétique; donc la poſition de la Bouſſole n'influe point ſur l'action des différentes forces aimantaires.

Second Principe fondamental.

3. Les forces magnétiques du globe terreſtre qui ſollicitent les différens points d'une Bouſſole, agiſſent dans deux ſens

opposés. La partie boréale de la Bouſſole eſt attirée vers le pole boréal du méridien magnétique. La partie auſtrale de l'Aiguille eſt ſollicitée dans la direction oppoſée. Quelque ſoit la loi, ſuivant laquelle ces forces agiſſent, la ſomme des forces qui ſollicitent l'Aiguille vers le pole boréal, eſt exactement égale à la ſomme des forces qui ſollicitent le pole auſtral de l'Aiguille dans la direction oppoſée.

Développement de ce Principe.

M. *Muſſchenbroek* (*Diſſertatio de magnete*, Exp. XXVI), a trouvé qu'une lame d'acier peſée avant d'être Aimantée, & après l'avoir été, ne changeoit nullement de poids. Quelque préciſion qu'il ait pu mettre dans ſes Expériences, elles lui ont toujours donné le même réſultat. Ainſi, toutes les forces qui ſollicitent une Aiguille Aimantée, étant décompoſées, ſuivant une direction horizontale & une direction verticale : il ſuit des principes de ſtatique, & de cette Expérience, que la ſomme des forces verticales doit être nulle.

D'un autre côté, l'on ſait que lorſqu'on fait flotter une Aiguille Aimantée ſur un petit morceau de liége, elle ſe dirige ſuivant le méridien magnétique, mais que le centre de gravité de tout le ſyſtême parvient bientôt à un état de repos ; or ſi la ſomme des forces horizontales n'étoit pas nulle ; ſi, par exemple, la ſomme des forces qui tirent vers le pole boréal étoit plus grande que la ſomme des forces qui agiſſent dans le ſens oppoſé, le centre de gravité du ſyſtême devroit ſe mouvoir vers le Nord d'un mouvement continu.

L'on peut donc conclure de ces deux Expériences, que puiſque la ſomme des forces décompoſées dans le plan horizontal ſuivant le méridien magnétique eſt nulle, de même que la ſomme des forces verticales, il ſuit que la ſomme des forces qui agiſſent ſuivant la direction naturelle de la Bouſſole, eſt auſſi nulle.

Comme l'on pourroit oppoſer à cette dernière Expérience que la cohéſion de l'eau peut détruire l'effet des forces horizontales : voici un fait qui me paroît ſans réplique.

Figure 1. Une régle de bois A B très-légère, percée à ſon milieu C & garnie à ce point d'une chappe de Bouſſole, a été ſuſpendue, par le moyen de cette chappe, ſur un pivot de la même manière que l'on ſuſpend une Aiguille de déclinaiſon ; une Aiguille S*n*, a été attachée à l'extrémité de cette régle, & formoit avec elle un angle droit ; l'on a placé un petit contrepoids en A, pour que tout le ſyſtême fût équilibré horizontalement, & pût ſe mouvoir librement ſur la pointe d'un pivot, autour du centre de ſuſpenſion C. Après que les oſcillations ont été éteintes, l'Aiguille S*n* s'eſt trouvée dirigée ſuivant le Méridien magnétique, c'eſt-à-dire, ſuivant la même ligne, que ſi elle avoit été ſoutenue ſur la pointe d'un pivot par ſon centre E : voici l'explication & le réſultat de cette Expérience. Les forces qui agiſſent ſur cette Aiguille, lorſqu'elle eſt dans ſon Méridien magnétique, ſont dirigées ſuivant ſa longueur : or, puiſque l'expérience nous montre que la Bouſſole parvient à ſon état de repos, lorſqu'elle eſt dirigée ſuivant le Méridien magnétique, il s'enſuit que les forces boréales & les forces auſtrales ont pour lors le même bras de levier ; ainſi, elles ne peuvent pas être en équilibre à moins d'être égales.

J'ai répété cette Expérience ſur un très-grand nombre d'Aiguilles aimantées à ſaturité ou non, ayant ſeulement un centre aimantaire, ou en ayant un plus grand nombre. J'ai conſtamment trouvé le même réſultat. Cette Expérience ſera encore plus exacte, en ſuſpendant la petite régle de bois avec des fils de ſoie, comme je l'expliquerai dans la ſuite de ce Mémoire.

Corollaire général.

4. De ces deux principes, l'on peut, ce me ſemble, conclure que la direction d'une Aguille aimantée ne peut pas dépendre d'un torrent de fluide, qui, mû avec rapidité ſuivant

le Méridien magnétique, force l'Aiguille par ſon impulſion, de ſe diriger ſuivant ce Méridien. Car, par le premier principe établi, l'Aiguille éprouve toujours la même action de la part du fluide magnétique, quelque angle qu'elle forme avec ſa direction naturelle, qui devroit être la direction du torrent de fluide aimantaire. Cependant, ſuivant tout ce que nous pouvons connoître des loix des impulſions des fluides, ils agiſſent différemment, ſuivant que les corps qu'ils frappent ſont poſés différemment, & préſente une moindre ou plus grande ſurface à la direction de leur courant. Ainſi, puiſque l'Expérience nous apprend, que les forces aimantaires du Globe terreſtre agiſſent également ſur l'Aiguille dans toutes les poſitions, cette action ne peut pas provenir d'un torrent de fluide.

En ſecond lieu, puiſqu'il ſuit du ſecond principe, que la ſomme des forces qui agiſſent ſur l'Aiguille, eſt égale dans les deux ſens oppoſés; il faut, ſi l'on veut faire dépendre la direction de l'Aiguille de l'impulſion d'un fluide, imaginer des torrens oppoſés qui agiront également dans les ſens contraires ſans ſe détruire mutuellement. De pareilles hypothèſes paroiſſent devoir être rejettées de la Phyſique, comme trop contraires aux principes de la mécanique.

Il ſemble donc qu'il réſulte de l'Expérience, que ce ne ſont point des tourbillons qui produiſent les différens phénomènes aimantaires; & que, pour les expliquer, il faut néceſſairement recourir à des forces attractives & répulſives de la nature de celles dont on eſt obligé de ſe ſervir pour expliquer la peſanteur des corps & la phyſique céleſte.



CHAPITRE PREMIER.

Formules qui dérivent de toutes les ſorces, ſoit actives, ſoit coercitives, qui peuvent influer ſur la poſition d'une Aiguille en équilibre dans un plan horizontal.

5. LORSQU'UNE AIGUILLE de déclinaiſon équilibrée dans un plan horizontal, peut tourner librement autour de ſon point de ſuſpenſion; ſi elle eſt éloignée de ſon Méridien magnétique, elle y ſera ramenée par la force aimantaire, qui agit ſur chaque point de cette Aiguille; & ſon mouvement ſera retardé par toutes les forces coercitives, provenant, ſoit du frottement de la chappe ſur ſon pivot, ſoit de la torſion des ſoies, auxquelles on peut ſuppoſer les Bouſſoles ſuſpendues, ſoit enfin de la réſiſtance de l'air, dans lequel la Bouſſole fait ſes oſcillations. Nous ne conſidérons point ici les erreurs qui peuvent naître de la poſition du point de ſuſpenſion, & de l'imperfection des pivots & des chappes. Nous y reviendrons dans la ſuite.

De ces différentes forces coercitives, qui toutes tendent à détruire le mouvement des Aiguilles qui oſcillent : les unes ſont conſtantes & dépendent, ſoit du frottement, ſoit de la cohéſion de l'air : les autres dépendent également du frottement & de la cohéſion de l'air; mais augmentent avec la vîteſſe; en ſorte que le *momentum* de toutes les forces coercitives ſera repréſenté par une quantité ($A + Fu$) ou A étant une quantité conſtante, Fu ſera une fonction de la vîteſſe angulaire.

6. Soit AB (*Fig. II.*) le véritable méridien d'une Aiguille de déclinaiſon, dont on la ſuppoſe éloignée, au commencement

de ſon mouvement, de l'angle $BCN = B$, le point C étant le point de ſuſpenſion, qui s'éloigne très-peu du centre de gravité & du centre aimantaire, dans les lames homogènes aimantées à ſaturité. Lorſque l'Aiguille ſera arrivée en n, ſoit l'angle $NCn = S$, l'angle $nCB = B - S$, la vîteſſe angulaire $= u = \frac{dS}{dt}$, la force aimantaire μe, qui agit ſur un point quelconque μ (décompoſée ſuivant le plan horizontal), parallèle au méridien magnétique $= \varphi$, $C\mu = r$, $CN = l$, le *momentum* de la force aimantaire du point μ, ſera repréſenté par $\varphi\mu C\mu \frac{\sin(B-S)}{\text{rayon}}$: Si $R = (A + Fu)$ repréſente le *momentum* de toutes les forces coercitives, l'on aura, pour le *momentum* total, autour du point C, la quantité $(\int\varphi\mu C\mu \frac{\sin(B-S)}{\text{rayon}} - R)$; mais, lorſque l'Aiguille eſt parvenue à ſon état de repos, les forces actives & coercitives doivent être en équilibre; ainſi l'on aura, pour l'erreur de l'Aiguille, $\frac{\sin(B-S)}{\text{rayon}} = R : \int\varphi\mu C\mu$; &, lorſque l'angle d'erreur eſt peu conſidérable, l'on aura $(B - S) = R : \int\varphi\mu C\mu$; ainſi, pour avoir les dimenſions les plus avantageuſes d'une Aiguille, il faut, lorſque l'on connoîtra la quantité R & la quantité $\int\varphi\mu C\mu$, intégrée pour toute la longueur de l'Aiguille, faire en ſorte que l'angle $(B - S)$ ſoit un *minimum*.

7. Paſſons actuellement au mouvement oſcillatoire : nous en aurons beſoin dans la ſuite, ſoit pour comparer la force aimantaire de différentes Aiguilles, ſoit pour comparer la force aimantaire avec la force coercitive.

Le *momentum* de toutes les forces qui produiſent l'accélération de l'Aiguille lorſqu'elle eſt arrivée au point n, eſt, comme nous venons de le voir dans l'article précédent, exprimé par $(\int(\varphi\mu C\mu)\frac{\sin B-S}{\text{rayon}} - R)$; mais l'accélération du point μ, ou le petit arc parcouru par ce point, eſt exprimé par $C\mu \cdot du = r \cdot du$; ainſi l'on aura, en nommant dt l'élément du temps, ... $(\int(\varphi\mu r)\frac{\sin(B-S)}{\text{rayon}} - R)\, dt = \int(\mu r^2)du$; d'où, en intégrant cette quantité, après avoir ſubſtitué, à la place de dt, ſa valeur $dS : u$, & remarquant que u s'évanouit, lorſque $S = o$, l'on aura $\int(\varphi\mu r)\frac{(\cos(B-S) - \cos B)}{\text{rayon}} - \int R\,dS = \frac{uu}{2}\int r^2\mu$.

8. Si l'angle B eſt très-petit, c'eſt le ſeul cas dont nous aurons beſoin dans la ſuite, l'on aura $\frac{\text{coſ}(B-S)-\text{coſ}B}{\text{rayon}} = \frac{2BS-SS}{2}$; ainſi l'équation ſe réduit à $\int\varphi\mu r(2BS-SS) - 2\int R\,dS = uu\int r^2\mu$.

9. Si l'on fait $u=0$, l'on trouve $(2B-S) = 2\int R\,dS : S\cdot\int\varphi\mu r$; & ſi R étoit une quantité conſtante, l'on auroit $2B-S = 2A : S\varphi\mu r$: ainſi lorſque l'Aiguille, après avoir parcouru l'arc NB, remonte juſqu'en N', ſi l'arc remonté BN', eſt ſuppoſé $=B'$, l'on aura $B-B' = 2A : \int\varphi\mu r$; ce qui donne toujours, dans la ſuppoſition des forces coercitives conſtantes, la même quantité pour la différence des arcs deſcendus & remontés.

10. Si l'on ſuppoſe $R = A + Fu$, l'on aura pour lors quelque petite que ſoit la vîteſſe u, $B-B'$ plus grand que $2A : \int\varphi\mu r$. Cette conſidération nous ſuffira dans la ſuite, pour prouver que la réſiſtance de l'air ne peut pas produire une erreur ſenſible dans la poſition de l'Aiguille.

11. Lorſque, dans l'équation précédente, l'on ſuppoſe $R=0$, l'on a l'équation approchée $uu = \frac{\int\varphi\mu r}{\int\mu r^2}(2BS-SS)$; d'où $\left(\frac{\int\varphi\mu r}{\int\mu r^2}\right)^{\frac{1}{2}} dt = dS : (2BS-SS)^{\frac{1}{2}}$; or $\int dS : (2BS-SS)^{\frac{1}{2}}$ eſt l'angle dont le rayon eſt B, & S le ſinus-verſe; quantité égale à $90°$, lorſque $S=B$; ainſi, en nommant T le temps d'une oſcillation totale, l'on aura $T\left(\frac{\int\varphi\mu r}{\int\mu r^2}\right)^{\frac{1}{2}} = (180)°$.

12. Si l'on veut comparer la force magnétique avec la gravité, l'on remarquera que g exprimant cette force, l'on a $T'\left(\frac{g}{\lambda}\right)^{\frac{1}{2}} = (180)°$ pour les oſcillations d'un pendule, dont la longueur eſt λ; ainſi, ſi l'on veut que le temps T' ſoit iſocrone avec les oſcillations de l'Aiguille aimantée, l'on fera $\frac{g}{\lambda} = \frac{\int(\varphi\mu r)}{\int\mu r^2}$, d'où $\lambda = g\frac{\int\mu r^2}{\int\varphi\mu r}$: en ſuppoſant que la Bouſſole ſoit une lame d'une largeur & d'une épaiſſeur uniforme,

nommant

nommant δ la ſection tranſverſale de cette lame, & l la moitié de ſa longueur, l'on trouvera $\int \mu r^2 = 2\delta l \cdot \frac{l^2}{3}$; mais $2\delta l$ repréſente la maſſe de l'Aiguille, qui, multipliée par la force de ſa gravité g, égale ſon poids P; ainſi $\int \mu r^2 = \frac{P.l^2}{3g}$, & par conſéquent $\lambda = \frac{P.l^2}{3.\int \varphi \mu r}$.

13. Si l'on cherche un poids Q, qui, placé à l'extrémité du levier l, ait le même *momentum* que la force magnétique de l'Aiguille, l'on aura $Q \cdot l = \int \varphi \mu r$; mais, en conſéquence de l'article précédent, $\int \varphi \mu r = \frac{Pl^2}{3\lambda}$; ainſi $Q = \frac{Pl}{3\lambda}$; quantité qui eſt la même que celle trouvée par M. *Euler*, dans la Pièce qui a concouru pour le Prix, en 1743, où ce Géomètre, diviſant la force aimantaire en deux parties, qui agiſſent en ſens contraire, aux deux extrémités de l'Aiguille, trouve pour chacune $Q = Pl : 6\lambda$.



CHAPITRE II.

Détermination théorique & expérimentale des Forces aimantaires.

13*. M. Musschenbroek (*Differt. de Magnete*, Exp. cvii); dit que, dans les oscillations de lames aimantées, le quarré du temps dans lequel se fait un certain nombre de vibrations, est en raison composée de la longueur des lames & de leur poids; ce qui, exprimé algébriquement, donne $TT = mlP$, T exprimant le temps d'un certain nombre de vibrations, m étant un coefficient constant, $2l$ la longueur, & P le poids de l'Aiguille; mais nous avons trouvé, dans les articles précédens, $TT = (180°)^2 \frac{\int \mu r^2}{\int \varphi \mu r} = (180°)^2 \frac{Pl^2}{3g . \int \varphi \mu r}$; ainsi, en comparant cette valeur de TT avec l'Expérience, il en résulte l'équation $mlP = (180°)^2 \frac{Pl^2}{3g . \int \varphi \mu r}$, d'où $\int \varphi \mu r = (180°)^2 \frac{l}{3gm} = Q l$; ainsi, en comparant les expériences de *Musschenbroek* avec la théorie des oscillations, l'on trouveroit que le *momentum* total des forces magnétiques d'une lame, quelque soit les dimensions de cette lame, seroit toujours égal à un poids constant, multiplié par la longueur de la lame.

14. De-là on concluroit qu'à longueurs égales, le frottement des Aiguilles de déclinaison, qui tournent sur un pivot, augmentant suivant une Loi du poids, & le *momentum* de l'action aimantaire étant toujours une quantité constante, les Boussoles les plus légères seroient les meilleures.

15. Il en résulteroit encore, que si le *momentum* du frottement augmentoit en raison directe des poids, il augmenteroit, tout étant d'ailleurs égal, comme les longueurs des Boussoles : or le *mo-*

mentum de la force aimantaire, augmente dans la même proportion. Ainsi, le rapport du *momentum* des forces magnétiques, au rapport du *momentum* des frottemens, étant constant, il en résulteroit toujours la même erreur dans la position des Aiguilles.

16. Si l'on vouloit chercher, d'après les mêmes formules, fondées sur les Expériences de *Musschenbroek*, la loi des forces aimantaires de différens points des Aiguilles. Voici comme on pourroit s'y prendre.

Que S N, représente une Aiguille, dont le centre aimantaire est en C, c'est-à-dire, dont le point C est tel, que tous les points μ de la partie C N, ont une force boréale, tandis que tous les points μ de la partie C S′ ont une force australe: si l'ordonnée μr représente la force du point μ, & si, par les extrémités de toutes les ordonnées, on fait passer une ligne M C M′, cette ligne sera le lieu géométrique de toutes les forces magnétiques, & coupera l'Aiguille en un point C, qui sera le centre aimantaire Mais, par le second principe, la somme des forces boréales est égale à la somme des forces australes, d'où l'on conclura que l'aire C M N = l'aire C M′ S′. *Fig. III.*

Mais l'Expérience nous montre, que dans les Aiguilles homogènes, aimantées à saturité, le centre aimantaire se trouve au milieu des Aiguilles: ainsi, si nous supposons que la quantité φ force aimantaire du point μ, est exprimée par $n l^q r^k$, n étant un coefficient constant, l la moitié de la longueur de l'Aiguille, & r la distance du point μ au point C, q & k les puissances de l & de r, nous tirerons de ce que $\int \varphi \mu r = Q \cdot l$, Q étant un poids constant, $\int \varphi \mu r = \int n \delta l^q r^{k+1} dr = \frac{n \delta l^q r^{k+2}}{k+2}$; &, lorsque $r = l$, l'on aura $\frac{2 n \delta l^{q+k+2}}{k+2} = Q \cdot l$: or, comme cette équation doit être identique, & que Q est une quantité constante, il faut que $(q+k+1) = 0$, ou $(q+k) = -1$; ainsi, la force φ, pour l'extrémité N, étant $n l^{q+k}$, l'on a toujours

à l'extrémité des Aiguilles, $\varphi = (\frac{n}{l})$, quelle que ſoit d'ailleurs la valeur de q ou de k.

17. Si l'on ſuppoſe avec la plupart des Auteurs qui ſe ſont occupés de la matiere magnétique, que les forces boréales & auſtrales des différens points μ de l'Aiguille, ſont comme les diſtances $c\mu$ de ces points au centre aimantaire, pour lors $\varsigma = nl^{2}r$ & $q = -2$; ainſi $\varphi = \frac{nr}{l^{2}}$, & le lieu géométrique MCM′, ſera une ligne droite.

18. Quoiqu'il y ait pluſieurs Expériences qui ſemblent ſe réunir à prouver, que les forces des différens points d'une lame, ſont comme les diſtances de ces points au centre aimantaire. Il ſe préſente une difficulté qui doit, ce me ſemble, rendre circonſpect ſur cette hypothèſe : l'on conçoit, à la vérité aſſez facilement, que lorſqu'une Aiguille eſt aimantée à ſaturité, le centre aimantaire ſe trouvant au milieu de la lame, le lieu géométrique des forces magnétiques, peut être repréſenté par deux triangles égaux, oppoſés par la pointe & liés par la même équation : mais nous ſommes les maîtres de tranſporter ce centre magnétique vers les extrémités de la lame, en nous ſervant de la pratique preſcrite par M. le Monnier, (*Loi du Magnétiſme*, *pag.* 107.) Si nous ſuppoſons que ce centre ſe trouve dans un autre point que le milieu de la lame, pour lors les forces boréales ſeront repréſentées (*Fig.* 4), par un un triangle C M N, & les forces auſtrales par un triangle M′C S : la Loi de continuité exige que les deux triangles ſoient ſemblables, ou que M C M′ ſoit une ligne droite : mais il reſulte du premier principe, que la ſomme des forces auſtrales doit être égale à la ſomme des forces boréales : ainſi il faut, pour ſatisfaire à ce principe, que les deux triangles ſoient égaux, ce qui eſt incompatible avec la ſimilitude des deux triangles ; lorſque la ligne N C ſera plus grande ou plus petite que C S : ainſi, l'hypothèſe des forces aimantaires des différens points de l'Aiguille, proportionnelles à la diſtance de ces points, ne peut pas être admiſe.

NOUVELLES EXPÉRIENCES pour déterminer la Force de direction des Lames aimantées.

19. Si les Expériences de *Muſſchenbroek* étoient plus nombreuſes ; ſi la théorie du Magnétiſme avoit été portée de ſon temps au degré où elle eſt parvenue ; l'autorité de cet Auteur en fait de Phyſique, a un ſi grand poids, que j'aurois adopté aveuglément les formules ſimples qui en réſultent ; mais il ſera facile de s'appercevoir qu'elles ſont incompatibles avec la théorie du magnétiſme, lorſqu'on aura expoſé ce que des eſſais répétés ont fait entrevoir depuis quelques années, ſur la manière dont la vertu aimantaire ſe communique : j'en tirerai des conſéquences que je crois intéreſſantes au ſujet que je traite.

20. Lorſque le pole d'un aimant eſt poſé ſur l'extrémité d'une lame d'acier en n', ſi c'eſt, par exemple, le pole auſtral de l'aimant, qui touche le point n', une partie n'C de cette lame prend une force boréale, tandis que l'autre CS', prend une force auſtrale ; & le centre C, qui ſépare la partie boréale de la partie auſtrale, qui n'a aucune force magnétique, s'appelle le centre magnétique, ou centre d'indifférence. Si l'on fait gliſſer le pole S de l'aimant le long de la lame, le centre d'indifférence C s'approche du point S' la force auſtrale de l'extrémité S' va d'abord en augmentant, juſqu'à ce que le pole de l'aimant ſoit parvenu à un point E ; puis elle diminue juſqu'à ce que le pole ſoit arrivé à un point Q, où elle eſt nulle. Elle devient enſuite boréale, & va toujours en augmentant juſqu'à ce que le pole auſtral S de l'aimant ſoit arrivé au point S' : ce que l'on dit par rapport au point S', aura également lieu pour le point n, ſa force d'abord boréale, augmentera, diminuera, deviendra nulle, puis auſtrale, pendant que le pole de l'aimant parcourera la longueur de la lame. *Fig. v.*

Ce que l'on vient de trouver pour le pole auſtral de l'aimant, aura également lieu, *vice verſa*, en ſe ſervant du pole boréal N.

Ces Expériences ont été faites par plusieurs Auteurs; l'on en trouve le détail le plus circonstancié, dans un Ouvrage de Vanswiden, (*Tentamina theoriæ Mathematicæ de Phænomenis magneticis*,) l'on conçoit que, dans l'opération que nous venons de détailler, lorsque la force aimantaire des extrémités n' ou S' devient nulle; pour lors le centre d'indifférence de cette lame, tombe aux extrémités de la lame.

Fig. VI. 21. En général, le pole d'un aimant étant appliqué à un point μ (*Fig. 6.*) d'une lame, communique à ce point une force d'un nom contraire à celle du pole de l'aimant qui touche le point de la lame: en sorte que si c'est, par exemple, le pole boréal de l'aimant qui touche le point μ, ce point μ prendra une force australe: il en sera de même de tous les points circonvoisins, qui prendront tous une force australe, cette force ira toujours en diminuant jusqu'aux points C & C', qui seront des centres aimantaires: les extrémités C M & C' M' auront des forces boréales. Il arrivera le plus souvent, que l'extrémité la plus courte μ M', aura une force australe, & que la lame se divisera seulement en deux parties par un centre C: il pourra arriver aussi qu'elle se divise en trois & quatre parties par plusieurs centres magnétiques, ce qui dépend de la nature de cette lame, de ses dimensions, & de la force de l'aimant.

Si l'on fait glisser le pole N de l'aimant le long de la lame, les centres aimantaires parcoureront cette lame; mais le point sur lequel se trouvera le pole N, recevra toujours une force d'un nom contraire à ce pole.

22. De ces Expériences il résulte que puisque le pole d'un aimant produit toujours sur la partie de la lame où il est appliqué, une force d'un nom différent du pole qui touche; si l'on joint ensemble deux lames aimantées à saturité, en réunissant les poles du même nom; quelle que soit la cause de leur action, elles tendent à produire l'une sur l'autre une force d'un nom contraire à celle dont elles sont douées: ainsi, l'effet de

cette action doit diminuer la force polaire de chacune de ces lames.

Par conséquent, la force aimantaire de chaque élément longitudinal d'un aimant artificiel, diminue nécessairement à mesure que sa grosseur augmente : ainsi, la force totale de deux aimans artificiels de la même longueur, mais d'une grosseur inégale, aimanté l'un & l'autre à saturité, sera dans un moindre rapport que celui de leur masse.

23. Si, au lieu de faire toucher le pole d'un aimant à une lame d'acier, on le présente seulement à une ou deux lignes de distance, l'on aura les mêmes phénomènes que dans l'*art.* 21 ; mais le degré de magnétisme qu'acquèrera la lame, sera moindre que dans le premier cas.

Ainsi, chaque point d'un aimant ou d'une lame aimantée, peut être regardé comme le pole d'un petit aimant, qui tend à produire dans les autres points de cette lame une force d'un nom contraire à celui qu'il a lui-même ; & l'effet de cette action est d'autant plus grand, que l'intensité de la force du point qui agit, est plus grande, & que sa distance aux points sur lesquels il agit, est moindre ; ainsi la force magnétique d'un aimant, dépend de l'action réciproque que tous les points de cet aimant exerce l'un sur l'autre.

24. Si l'on développe les raisonnemens qui précèdent, l'on verra que puisque l'action qu'éprouve un point magnétique, augmente nécessairement, suivant que l'intensité de la force des autres points qui forment la lame augmente, suivant que le nombre des points qui agissent est plus grand, & qu'ils exercent leur action à une moindre distance : plus les points d'un aimant artificiel seront rapprochés par la figure de cet aimant, plus l'action que les différentes parties exercent l'une sur l'autre, pour détruire leurs forces réciproques, sera considérable, & par conséquent plus la force de chaque point sera moindre.

Ainſi, dans deux lames du même poids & de la même longueur, le magnétiſme ſera plus grand, dans celle dont la largeur ſera plus grande, parce que les fibres longitudinaux ſeront plus iſolés dans la lame la plus large.

Ainſi, ſi une lame eſt ſéparée en deux parties, chacune d'elles aimantée à ſaturité, recevra en particulier un plus grand degré de magnétiſme, que lorſqu'elles étoient réunies.

Ainſi de toutes les figures, la figure cylindrique étant pour les verges d'acier, celle où les parties à longueur égale, ſont pour le même poids rapprochées de plus près, ſera auſſi celle où l'action mutuelle des parties aimantaires ſera la plus grande, & par conſéquent celle dont le magnétiſme ſera le moindre.

En continuant à ſuivre les mêmes analogies, l'on trouvera que les points de la ſurface d'une lame, ſeront néceſſairement doués d'une force aimantaire plus conſidérable que les points de l'intérieur de cette lame, puiſque les parties intérieures ſont touchées de tous côtés par des élémens qui tende à détruire leur force aimantaire; au-lieu que, dans les ſurfaces, il n'y a qu'un côté qui ſoit en contact.

L'on trouvera également que les angles des verges aimantées, ſont les parties qui prendront le plus grand degré de magnétiſme, parce que ce ſont les parties qui ſont les plus iſolées.

Enfin l'on en conclura qu'à groſſeur égale, les extrémités d'une longue lame aimantée à ſaturité, & dont le centre magnétique ſe trouve au milieu, auront moins de force que les extrémités d'une petite lame; puiſque, dans la premiere, il y a plus de parties qui agiſſent, que dans la ſeconde, &c.

25. De ces réflexions, l'on peut tirer une foule de conſéquences, ſur le choix des lames aimantées dans la conſtruction des Bouſſoles: mais, avant de nous livrer à cette diſcuſſion, nous allons rendre compte de pluſieurs Expériences, qui nous

aideront

aideront à développer cette théorie d'une maniere plus sûre & plus précise.

26. L'on s'est servi, dans les Expériences qui vont suivre, pour aimanter les lames à saturité, de deux barres d'acier, dont la longueur étoit de 12 pouces, & la largeur d'un pouce, l'épaisseur de 5 lign. L'on a aimanté, par la méthode de la double touche, telle qu'elle est prescrite par MM. Antheaume & Œpinus: elle consiste *(Fig. 7)*, à incliner les deux aimans artificiels sur la lame que l'on veut aimanter; en sorte que le pole austral S de la barre N S, ne soit qu'à une ou deux lignes du pole boréal N′ de la barre N′ S′. Dans cette situation, l'on fait glisser les deux aimans d'une extrémité de la lame à l'autre: lorsque la lame a peu d'épaisseur & qu'elle n'a que sept à huit pouces de longueur, il est rare qu'elle ne soit pas aimantée à saturité, après sept à huit frottemens un peu lents sur chacune des faces: l'on s'assure que la lame est aimantée à saturité, lorsque suspendue horizontalement, elle continue à faire le même nombre d'oscillations dans le même tems, quelque nombre de fois qu'elles soient de nouveau frottée, ou quoique vous employez d'autres aimans que les premiers.

L'on s'est servi, dans toutes les Expériences, d'un acier très-pur & du même grain: toutes les lames ont été tirées d'une scie d'Allemagne, d'une épaisseur à-peu près uniforme: mais l'on a eu soin de la planer long-tems à froid sous le marteau; l'Expérience a appris que c'est le seul moyen d'avoir des résultats suivis, & d'éviter des inégalités qui tiennent à la dissimilitude de la position des parties, & dont aucune hypothèse ne peut rendre compte.

Lorsqu'une lame étoit aimantée à saturité, on la suspendoit de champ horizontalement, par une soie très-flexible, à l'extrémité de laquelle étoit attaché un peu de cire que l'on colloit à cette lame: l'on s'étoit assuré par des Expériences, que l'on expliquera plus bas, que la torsion de la soie ne pouvoit point influer sur le temps des oscillations: l'on comptoit avec *Fig. VIII.*

ſoin le tems que la lame employoit à faire 20 oſcillations; chaque opération étoit répétée deux fois, l'on coupoit enſuite un pouce de chaque côté de la lame; le reſtant étant aimanté à ſaturité, l'on faiſoit les mêmes opérations que ſur la premiere lame.

La lame oſcilloit dans un boëte bien fermée, pour que les courans d'air qui régnoient dans la chambre, ne troublaſſent point les Expériences : cette précaution eſt ſur-tout indiſpenſable, lorſque l'on a du feu.

Expériences pour déterminer la Force aimantaire des Lames, eu égard à leur longueur.

Première Expérience.

27. La lame avoit trois lignes de large: une longueur d'un pied, peſoit 288 grains; elle faiſoit ſes oſcillations;

SAVOIR,

Pour une longueur de 16 pouces, 20 oſcillations en	231″
12	180
10	154
8	126
6	98
4	80

Seconde Expérience.

La lame avoit huit lignes de large: une longueur d'un pied peſoit 976 grains, elle a fait ſes oſcillations;

SAVOIR,

Une longueur de 16 pouces, 20 oſcillations en	254″
12	202
8	154
4	104

Troisième Expérience.

Cette lame avoit douze lignes de large; une longueur d'un pied pesoit 1105 grains; elle a fait ses oscillations;

SAVOIR,

Une longueur de 16 pouces, 20 oscillations en 250″.
12 205
8 153
4 110

Résultat de ces trois Expériences.

Dans la premiere Expérience, l'on a pour une lame de 12 pouces de longueur & de 3 lignes de large; 20 oscillations en 180″. Dans la même Expérience, l'on a, pour une lame de 4 pouces de longueur, & ayant d'ailleurs les mêmes dimensions que la précédente, 20 oscillations en 80″: ainsi, la différence du temps pour 20 oscillations dans ces deux lames, est de 100″.

Dans la deuxieme Expérience, l'on a, pour une lame de 8 lignes de large & de 12 pouces de longueur, 20 oscillations en 202″: pour cette même lame réduite à 4 pouces, l'on trouve 20 oscillations en 104″: ainsi, la différence du temps, pour une diminution de longueur égale à 8 pouces, se trouve pour 20 oscillations 98″.

Dans la troisieme Expérience, l'on trouve, pour une lame de 12 lignes de largeur & d'un pied de longueur, 20 oscillations en 205″: l'on a, par la même Expérience, pour une lame de 4 pouces, 20 oscillations en 110″, ce qui donne, pour une diminution de 8 pouces; dans le tems de 20 oscillations, une diminution de 95″.

En comparant actuellement ces trois résultats, l'on voit qu'une diminution égale dans les longueurs, donne, à peu de

chofe près ; la même diminution dans le tems des ofcillations : ainfi, la largeur des lames n'influe que très-peu fur cette diminution.

Si l'on compare, dans chaque Expérience particuliere, la diminution du tems des ofcillations, avec le raccourciffement des lames, l'on verra que ce tems décroît, à peu de chofe près, par des quantités qui font proportionnelles aux diminutions des lames.

L'on voit encore, par ces Expériences, que le tems total des ofcillations eft plus grand, à épaiffeurs & longueurs égales pour les lames larges que pour les lames étroites. C'eft ce qui réfulte évidemment de la premiere Expérience comparée avec la troifieme ; c'eft ce que la théorie avoit annoncé : la deuxieme Expérience comparée avec la troifieme, femble donner un réfultat contraire ; mais, fi l'on fait attention que la deuxieme lame, quoique plus étroite que la troifieme, eft proportionnellement plus pefante, & par conféquent plus épaiffe, l'on verra qu'elles donnent un réfultat exactement conforme à la théorie du Magnétifme.

Quatrième Expérience.

28. L'on a cherché à déterminer dans cette Expérience, fi en augmentant, l'épaiffeur des lames, l'incrément du tems des ofcillations, continueroit à être proportionel à l'accroiffement des longueurs de la lame, comme dans les articles précédens.

La lame dont on s'eft fervi dans cette Expérience, étoit de la même nature que les précédentes : elle avoit trois lignes de large, comme celle de la premiere Expérience ; mais fon épaiffeur étoit un peu plus que triple, & les 12 pouces de longueur pefoient 936 grains : elle a donné fes ofcillations ;

SAVOIR,

Pour une longueur de 12 pouces, 20 oscillations en 229".
10 208
8 176
6 151
4 128

Résultat de cette Expérience.

Si l'on retranche dans cette Expérience du temps qu'une lame de 12 pouces, emploie à faire 20 oscillations; le temps qu'une lame de 4 pouces de longueur, emploie à faire les mêmes 20 oscillations; l'on trouve 101", quantité presque exactement la même que celle que nous avons trouvée par la premiere Expérience. Ainsi, il paroît que l'épaisseur ne change rien à l'accroissement du tems des oscillations, qui est toujours proportionnel à l'accroissement des longueurs.

29. En rassemblant actuellement les résultats de toutes les Expériences qui précèdent, on verra facilement que le tems T, d'un certain nombre d'oscillations, pourra toujours être représenté pour les lames d'une épaisseur & d'une largeur uniforme, par une quantité $(A + ml)$ ou A exprime une fonction de l'épaisseur & de la largeur, & (ml) est le produit d'un coefficient constant; par la longueur l, la quantité A augmentera à mesure que la largeur & l'épaisseur augmenteront: elle sera plus grande pour une verge cylindrique que pour une autre figure.

Le coefficient constant m, dépendra de la nature de l'acier & du degré de magnétisme dont il sera susceptible. Ce coefficient sera plus grand, à mesure que l'acier ou le fer sera moins susceptible de magnétisme. Dans les fils-de-fer répandus dans le commerce, l'on trouve moyennement qu'une diminution de huit pouces dans la longueur, produit une diminution de

120″ pour 20 oscillations : cherchons actuellement à déterminer la quantité A.

Expériences relatives à la largeur des Lames.

Cinquième Expérience.

L'on a cherché, dans cette Expérience, à trouver un rapport entre le tems des oscillations & la largeur des lames : l'on a pris en conséquence une lame de 4 pouces de longueur & d'un pouce de large, que l'on a divisé exactement en $\frac{36}{3}$ de ligne : cette lame, d'une épaisseur uniforme, pesoit 378 grains ; après avoir été aimanté à saturité, elle a été suspendue comme les lames des articles précédens, & l'on a déterminé le tems où elle faisoit 20 oscillations. L'on a ensuite retranché une partie de sa largeur ; la partie restante a été aimantée de nouveau à saturité, & l'on a mesuré le tems qu'elle employoit pour faire 20 oscillations, continuant cette opération en diminuant peu-à-peu la largeur de la lame, l'on a eu ;

SAVOIR,			A
I. Essai, pour une Lame de	$\frac{36}{3}$ de ligne de large, 20 oscill. en	114″ ..	65″
II.	$\frac{22}{3}$	99 ..	50
III.	$\frac{13}{3}$	83 ..	34
IV.	$\frac{7}{3}$	74 ..	25
V.	$\frac{3}{3}$	68 ..	19

Résultat de cette Expérience.

L'expression générale du tems des oscillations, est représentée par la quantité ($A + ml$) : or une diminution de 8 pouces dans la longueur des lames, produit (*Exp.* 1, 2, 3,) pour 20 oscillations, une diminution de 98″, quantité à-peu-près moyenne entre (100 & 95,) donnée par la premiere & la troisieme Exp. Ainsi, la lame ayant ici 4 pouces de longueur, ml sera égal à 49″, & l'expression générale deviendra $T = (A + 49'')$: ainsi, en retranchant par-tout, dans cette Expé-

rience, 49″ du tems des 20 oscillations, l'on aura la quantité A désignée à la fin de chaque essai.

Mais nous venons de voir, dans l'Article précédent, que cette quantité est égale à une fonction de la largeur & de l'épaisseur : ainsi, si cette fonction peut être représentée par un seul terme, l'on aura $A = nL^{\mu}E^{\nu}$, n étant un coefficient constant, L^{μ} une puissance μ de le largeur, & E^{ν} une puissance E de l'épaisseur ; & puisque dans nos Essais, l'épaisseur est constante, nous devons trouver les valeurs de A proportionnelles à L^{μ} : ainsi, en comparant deux lames d'une différente largeur L & L′ avec les quantités qui leur correspondent, A & A′, l'on aura $A : A' :: L^{\mu} : L'^{\mu}$, d'où $\frac{A}{A'} = \left(\frac{L}{L'}\right)^{\mu}$ & $\mu = \frac{\log\left(\frac{A}{A'}\right)}{\log\left(\frac{L}{L'}\right)}$.

Il est facile actuellement, en substituant à la place de A, & à la place de L, leur valeur numérique donnée à chaque Essai, de découvrir la quantité μ.

I. & V. Essai { Une lame de $\frac{36}{3}$ de ligne de large, donne A = 65″
Une lame de $\frac{3}{3}$ de ligne de large, donne A = 19″.

Il résulte de ces deux articles, $\mu = \frac{\log\left(\frac{65}{19}\right)}{\log\left(\frac{36}{3}\right)} = 0 \cdot 4951$.

I. & IV. Essai { Une lame de $\frac{36}{3}$ de ligne de large, donne A = 65″
Une lame de $\frac{7}{3}$ de ligne de large, donne A = 25″.

Il résulte de ces deux Essais, $\mu = \frac{\log\left(\frac{65}{25}\right)}{\log\left(\frac{36}{7}\right)} = 0 \cdot 5835$.

I. & III. Essai ; il résulte de ces deux Essais, $\mu = 0 \cdot 6363$.

I. & II. Essai ; il résulte de ces deux Essais, $\mu = 0 \cdot 5330$.

Quoique la valeur de μ ne soit pas parfaitement égale dans toutes ces comparaisons ; cependant les différences sont trop peu considérables, pour qu'elles puissent être attribuées à autre chose qu'à l'imperfection des opérations ; & l'on peut, sans erreur sensible pour la pratique, supposer $\mu = \frac{1}{2}$.

Des Expériences pareilles, faites avec des lames de ſix & huit pouces de longueur, m'ont donné les mêmes réſultats, & la quantité μ n'a jamais différé de $\frac{1}{6}$ de ſa valeur $\frac{1}{2}$. Il ne faut pas, au ſurplus, eſpérer dans ces Expériences une plus grande exactitude, quelques parties hétérogènes ſuffiſent pour produire ces différences.

Expériences relatives à l'épaiſſeur des Lames.

Sixième Expérience.

31. Il n'étoit plus queſtion, pour avoir une théorie complète des lames aimantées, que de déterminer, combien leur épaiſſeur augmentoit le tems des oſcillations. Voici les différens eſſais que l'on a fait pour s'en aſſurer.

1.er Eſſai. Une lame de 4 pouces de longueur, de 3 lignes de large, peſant 310 grains, a été aimantée à ſaturité; elle a fait 20 oſcillations en 136″, ce qui donne A. . . . . .87″

2.me Eſſai. L'on a fait limer la ſurface de la lame de l'Eſſai précédent, ſans rien diminuer de ſa largeur : cette lame réduite à 200 grains & aimantée à ſaturité, a fait 20 oſcillations en 112″; ce qui donne A. . . . . .63″.

3.me Eſſai. Réduite par la même opération, à 104 grains ou au tiers de ſa premiere épaiſſeur, elle a donné 20 oſcillations en 79″, d'où A. . . . . .30″

4.me Eſſai. Réduite ſur la meule à 64 grains, elle a donné 20 oſcillations en 70″ d'où A. . . . . .21″

5.me Eſſai. Réduite à 35 grains, a fait 20 oſcillations en 60″, il réſulte A. . . . . .11″.

Réſultat de cette Expérience.

Les épaiſſeurs des lames ſont entr'elles, dans ces cinq Eſſais, à-peu-près comme les nombres 3, 2, 1, $\frac{2}{3}$, $\frac{1}{3}$, la quantité A correſpondante,

correſpondante, eſt exprimée par les nombres 87, 63, 30, 21, 11, qui diffèrent très-peu d'être dans le même rapport que les premiers : ainſi, l'on en peut déduire, que la quantité A croît proportionnellement à l'épaiſſeur ; & la formule générale $T = A + ml$, qui exprime le temps d'un certain nombre d'oſcillations, deviendra $T = (nL^{\frac{1}{2}}E + ml)$.

Lames composées.

32. Pour pouvoir ſe rendre compte plus exactement de l'accord de la théorie du Magnétiſme avec l'Expérience : pour pouvoir pénétrer dans l'intérieur des barres aimantées, l'on a joint pluſieurs lames qui ſe touchoient exactement par tous les points de leur ſurface. Elles étoient fixées enſemble à leurs extrémités & à leur centre, par trois petits liens de ſoie très-légers : les faiſceaux ainſi compoſés, ont été aimantés à ſaturité ; on les a ſuſpendu & fait oſciller, pour avoir leur degré de magnétiſme ; en décompoſant enſuite ces faiſceaux, l'on a fait oſciller en particulier chaque lame, pour pouvoir les comparer l'une à l'autre. Voici le réſultat de quelques-unes de ces Expériences.

Du degré de magnétiſme de pluſieurs Lam. jointes enſemble.

Septième Expérience.

33. 1.er Eſſai. Une ſeule lame de quatre pouces de long, trois lignes de large, peſant 108 grains, a donné 20 oſcillations en 80″ d'où A . . . . 31″.

2.me Eſſai. Deux lames des mêmes dimenſions que la premiere, ont été réunies le plus exactement qu'il a été poſſible, elles formoient une ſeule lame qui avoit le double d'épaiſſeur de la premiere, & qui peſoit 218 grains ; elle a donné ſes 20 oſcillations en 114″, d'où A . . . . 65″.

3.me Eſſai. Trois lames réunies de la même maniere que les deux précédentes, ont donné leurs 20 vibrations en 139″; d'où A . . . . 90″;

4.e Eſſai. Cinq lames réunies, ont donné leurs 20 aſcillations en 190″, d'où A.............................141″.

5.e Eſſai. Huit lames réunies, ont donné leurs 20 oſcillations en 242″, d'où A.............................193.

Réſultat de cette Expérience.

Il ſuit de cette Expérience, comparée avec la ſixième, qu'un faiſceau de lames prend à-peu-près le même degré de magnétiſme, qu'une lame ſeule de la même figure, & du même poids, conſéquemment que la quantité A, eſt proportionnelle aux épaiſſeurs. C'eſt ce qui réſulte encore ici des trois premiers Eſſais. Mais ſi l'on compare le premier & le cinquieme Eſſai, l'on trouvera dans la quantité $A = nL^{\mu}E^{\nu}$, que $\nu = 0 \cdot 7783$, quantité plus petite que l'unité: d'où il paroît qu'il faut conclure, que lorſque l'épaiſſeur eſt très-conſidérable, tout étant égal d'ailleurs, la quantité A croît dans un moindre rapport que les épaiſſeurs; mais cette remarque, qui ſemble devoir introduire un ſecond terme dans la fonction des largeurs & épaiſſeurs qui repréſentent la quantité A, ne peut influer que ſur les barres d'une très-grande épaiſſeur, & non ſur les lames de Bouſſole, que la théorie du Magnétiſme nous a appris devoir être larges & légères.

Huitième Expérience.

34. Pour avoir actuellement la force aimantaire des différentes lames réunies dans l'Expérience qui précède, j'ai décompoſé les faiſceaux, & j'ai fait oſciller en particulier chaque lame.

1.er Eſſai. Un faiſceau de trois lames, qui donnoit ſes 20 oſcillations en 139″, ayant été décompoſé, les deux lames des ſurfaces ont donné leurs 20 oſcillations, l'une en 100″; l'autre en 114; la lame du centre n'a donné preſque aucun ſigne de magnétiſme.

2.me Essai. Le faisceau de huit lames, qui donnoit ses 20 oscillations dans 242″, étant décomposé, a donné pour chaque lame particuliere, le même nombre d'oscillations dans l'ordre qui suit :

I. Lame,	de la surface, 20 oscillations en	91″.
II.	....	231
III.	....	278
IV.	....	211
V.	....	222
VI.	....	237
VII.	... les poles renversés	237
VIII.	... de la surface	90

3.me Essai. Comme j'ai pu soupçonner que la matière magnétique étoit dans les deux Essais qui précèdent, dans une situation forcée, parce que les faisceaux ont été décomposés quelques heures seulement après avoir été aimantés. Voici ce que l'on a fait pour connoître le magnétisme de chaque lame, lorsqu'elle seroit parvenue à un état stable.

L'on a pris un faisceau formé de cinq lames, dont on avoit chassé avec soin tout le magnétisme, avant de les réunir. L'on a ensuite aimanté ce faisceau à saturité ; il a donné 20 oscillations en 190″ ; l'on a laissé ce faisceau pendant deux mois sans le désunir, pour que, si la matiere magnétique se trouvoit dans un état forcé, elle eût le tems de se distribuer, suivant une situation naturelle : au bout de deux mois, l'on a cherché quelle étoit la force magnétique de chaque lame, & voici ce que l'on a trouvé.

Toutes les Lames étant réunies, 20 oscillations en 196″

Le Faisceau de cinq Lames décomposé.

I. Lame	de la surface, 20 oscillations en	105
II.	....	438
III.	....	340
IV.	....	320
V.	... de la surface	98

Résultat de cette Expérience.

La force aimantaire de chacune des lames des Expériences précédentes, étant, en raison inverse, du quarré des tems de leurs oscillations, il en résulte que la force magnétique des lames intérieures, est beaucoup moindre que celle des surfaces; il arrive même quelquefois, en décomposant les faisceaux que les poles d'une ou de plusieurs lames sont renversés; c'est ce que j'ai remarqué dans le deuxieme Essai pour la septième lame.

Le dernier Essai, qui a été fait avec beaucoup de soin, nous prouve que la force magnétique des parties intérieures des barres aimantées, est presque nulle par rapport à la force magnétique des surfaces.

L'on doit cependant observer, que le *momentum* magnétique des lames intérieures, n'est probablement pas le même, lorsque les lames sont réunies; &, lorsqu'elles sont divisées, j'ai presque toujours trouvé, en calculant le *momentum* magnétique de chaque lame en particulier, que la somme de ces *momentum*, étoit plus grande que le *momentum* du faisceau avant la désunion; ce qui provient probablement de ce que l'état magnétique de chaque lame, dépendant de l'action mutuelle de toutes les lames qui composent le faisceau, cet état change lorsque les lames sont désunies.

Neuvième Expérience.

Sur la Force magnétiq. dans les parties intérieures des Lames.

35. Entre deux lames de huit lignes de largeur & de quatre pouces de longeur pesant chacune 244 grains, l'on a inséré une troisieme lame des mêmes dimensions, mais divisée suivant sa longueur en trois autres lames; la lame du centre avoit 4 lignes de large, celle des deux bords avoient chacune deux lignes : la lame de 4 lignes se trouvoit par conséquent placée au centre du faisceau qui a été aimantée à saturité. Voici le

résultat, qui m'a paru intéressant pour la théorie du magnétisme.

Le faisceau a donné 20 oscillations en 172″.

En décomposant le Faisceau.

Les lames de huit lignes de chaque surface, ont donné leurs 20 oscillations en 123″.

Les lames de 2 lignes qui formoient les bords de la lame centrale, 20 oscillations en 124″.

La lame centrale de 4 lignes de large, a fait ses 20 vibrations en 128″; mais ses poles étoient dans une situation contraire à ceux du faisceau : en sorte que son extrémité boréale étoit placée dans l'extrémité australe du faisceau.

Résultat de cette Expérience.

Il suit évidemment de cette Expérience, qu'il peut arriver souvent que les parties centrales des barres aimantées, aient une force d'un nom contraire à celle des parties qui les avoisinent.

36. Nous avons fait un grand nombre d'Expériences du même genre, soit en joignant plusieurs lames pour augmenter les épaisseurs, soit en joignant les mêmes lames, suivant leur largeur. Nous avons aussi composé des faisceaux, avec des fils d'acier très-fin : mais toutes ces expériences, qui nous ont paru propres à éclairer la théorie du magnétisme, n'ont pas un rapport assez direct, avec le sujet principal de ce Mémoire, pour trouver leur place ici. Il en est de même de toutes les Expériences que nous avons pu faire avec des lames, que l'on aimantoit d'abord à saturité, chacune en particulier, & dont on formoit ensuite des faisceaux, lorsqu'on venoit à les désunir, la force magnétique des lames centrales avoit presque disparu, ou au moins n'étoit guère plus considérable que dans les Expériences de l'Art. XXXIV.

Réflexions sur la Formule générale $T = (mL^{\frac{1}{2}}E + nl)$.

37. L'on peut assurer que la formule $T = mL^{\frac{1}{2}}E + nl$ a été confirmée par un grand nombre d'Expériences, & qu'elle a toujours annoncé les résultats d'une manière aussi exacte, que l'on peut l'attendre dans la pratique.

Nous allons actuellement la comparer avec les formules du mouvement oscillatoire, déterminée dans l'Art. VII, & nous en tirerons les conséquences qui peuvent avoir rapport à notre objet.

Nous avons trouvé (Art. II.) $\int \varphi \mu r = (180°)^2 \frac{\int \mu r^2}{TT}$: d'un autre côté, nous avons, pour les lames d'une largeur & d'une épaisseur uniforme, dont nous supposons la densité égale à l'unité, $\int \mu r^2 = \frac{2LE \cdot l^3}{3}$: substituant ces deux valeurs, & faisant $\pi = \frac{2}{3}(180°)^2$, nous aurons $\int \varphi \mu r = \frac{\pi . LE . l^3}{(mL^{\frac{1}{2}}E + nl)^2}$.

Voici ce que cette équation présente.

38. Le *momentum* de la force aimantaire $\int \varphi \mu r$, croîtra avec la longueur de la lame, & deviendra infini lorsque cette longueur sera infinie.

39. Ce même *momentum* croîtra à mesure que la largeur L augmentera; & lorsque cette largeur sera infinie, il sera égal à $\frac{\pi l^3}{m^2 E}$.

40. Si nous différencions cette équation en faisant seulement E variable, nous trouverons, pour le *maximum* de $\int \varphi \mu r$, $\frac{dE}{E} = \frac{2mL^{\frac{1}{2}}dE}{mL^{\frac{1}{2}}E + nl}$ & $E = \frac{nl}{mL^{\frac{1}{2}}}$.

41. Si l'on divise $\int \varphi \mu r$ par la section transversale LE,

l'on aura le *momentum* moyen de la force aimantaire de chaque fibre longitudinal, dont on peut ſuppoſer la lame formée; ce qui donnera $\frac{\int \phi \mu r}{\text{LE}} = \frac{\pi l^3}{(m\text{L}^{\frac{1}{2}}\text{E} + nl)^2}$; quantité qui augmentera à meſure que la quantité l augmentera, qui deviendra infinie avec cette quantité, qui augmentera également, à meſure que L ou E diminueront, & qui ſera égale à $\frac{\pi l}{n^2}$, lorſque L ou E ſeront nulles; ce qui donne le *momentum*, dans ce dernier cas, proportionnel à la longueur de la lame. L'on retrouve ici la formule de M. *Muſſchenbroek*, qui n'eſt vraie que lorſque L ou E peuvent être ſuppoſés infiniment petits, ou que la quantité $m\text{L}^{\frac{1}{2}}\text{E}$ peut être négligée; mais encore, dans ce cas, le poids n'entre pour rien dans cette expreſſion; ce qui eſt encore contraire à la théorie de cet Auteur,



CHAPITRE III.

Expériences & Théorie sur la Force de torsion des Cheveux & des Soies : comparaison de ces Forces avec la Force magnétique : de la Résistance de l'Air dans les Mouvemens très-lents : Construction d'une nouvelle Boussole de Déclinaison, propre à observer les Variations diurnes.

42. TOUS LES MOYENS que l'on peut employer pour suspendre une Aiguille de déclinaison, entraînent nécessairement des inconvéniens. Si on la suspend par un fil de soie, ou par un cheveu, il faudra toujours que la boussole emploie une certaine force pour les tordre; & si la soie est supposée tordue, lorsque l'Aiguille sera sur son véritable méridien, la soie fera un effort pour l'entraîner dans une autre direction.

Si l'Aiguille est portée, par le moyen d'une chappe, sur la pointe d'un pivot, quelque parfaite que soit cette chappe, quelque dure que soit la pointe du pivot, la chappe pressera de toute la pesanteur de l'Aiguille la pointe du pivot : or toute pression engendre du frottement; ainsi, dès que le *momentum*, de la force magnétique, sera égal au *momentum* du frottement, l'Aiguille sera sans action, pour se rétablir dans son méridien magnétique.

Outre les difficultés, que les moyens de suspension présentent, il en est une autre qui provient de la cohésion de l'air. Tout fluide a une certaine tenacité entre ces parties; ainsi, pour qu'un corps, qui y est plongé, puisse changer de position, il faut nécessairement que la force qui le tire de son état de repos, soit plus considérable que la résistance que cette tenacité lui oppose.

Mais

Mais nous verrons tout-à-l'heure que la résistance dûe à la cohésion est peu considérable par rapport à la force aimantaire, & qu'elle peut être négligée.

De la Force de torsion des Cheveux & des Fils de soie.

43. Nous ne pouvons citer ici les Expériences d'aucun Auteur : mais celles que nous allons rapporter sont si simples, si faciles à répéter, que j'espère qu'elles mériteront quelque confiance.

Première Expérience.

J'ai suspendu (*Fig. IX,*) avec un cheveu de six pouces de longueur, une pièce de cuivre ronde de huit lignes de diamètre, & pesant 50 grains, de manière qu'elle étoit soutenue par son centre C, & que son plan se trouvoit horizontal. J'ai fait tourner cette plaque autour de son centre C, sans la déranger de sa situation horizontale; le fil A C restant toujours vertical; abandonnée à elle-même, elle a pris, en oscillant, un mouvement de rotation, autour de son centre C. L'on a mesuré le temps de chaque oscillation, & l'on a trouvé que soit que cette plaque fît une, deux & jusqu'à six ou sept révolutions par oscillation, le temps de chaque oscillation étoit constant & égal à $\frac{16''}{2}$.

Résultat de cette Expérience.

Lorsqu'un corps suspendu à un fil ou à un cheveu, est abandonné à lui-même, il parvient bientôt à un état de repos, dans lequel le fil, qui le soutient, ne fait aucun effort pour le faire pirouetter dans aucun sens. Cet état est ce qu'on peut appeler la situation naturelle du cheveu. Mais si le centre de gravité restant immobile, l'on fait pirouetter le corps autour de ce centre; à mesure qu'en tournant il s'éloignera de la situation, où il étoit dans son état de repos, le cheveu se tordra, & en se tordant il fera un effort pour se rétablir dans sa situation naturelle : or nous trouvons, dans cette Expérience, que cet effort

produit des oſcillations dont le temps eſt conſtant, quelque ſoit l'angle primitif de révolution : ainſi, les forces de torſion, qui ramènent un corps à ſa ſituation naturelle, ſont néceſſairement proportionelles à l'angle de torſion.

Seconde Expérience.

44. L'on a cherché dans cette Expérience ſi le poids du corps ſoutenu par le cheveu, influoit ſur la force de torſion. Voici ce que l'on trouve.

I. ESSAI. Une ſeule plaque des mêmes dimenſions que dans l'Expérience précédente, ſuſpendue à un cheveu de ſix pouces, donne une oſcillation en $\frac{16''}{2}$

II. ESSAI. Sous cette première plaque, l'on a collé avec un peu de cire une ſeconde plaque abſolument ſemblable à la première : les deux pièces réunies ont fait une oſcillation en $\frac{22''}{2}$.

III. ESSAI. Une troiſième plaque, réunie aux deux autres, a donné chaque oſcillation en $\frac{27''}{2}$.

IV. ESSAI. Une quatrième plaque réunie de même que les précédentes, donne chaque oſcillation en $\frac{30''}{2}$.

V. ESSAI. Une cinquième réunie donne chaque oſcillation en $\frac{35''}{2}$.

VI. ESSAI. Une ſixième pièce en $\frac{39''}{2}$.

VII. ESSAI. Une ſeptième en $\frac{42''}{2}$.

Réſultat de cette Expérience.

La force de torſion, étant en conſéquence de l'article qui précède, proportionelle à l'angle de torſion. Si la différence des poids ne change rien à cette force, elle ſera la même dans chaque Eſſai, & TT ſera proportionnel à $\int \mu r^2$, T étant le temps d'une oſcillation, & $\int \mu r^2$ la ſomme des produits de tous les points de la plaque, par le quarré de leur diſtance au

centre de rotation C, mais les plaques étant toutes égales, $\int \mu r^2$ est comme le nombre des plaques employées dans chaque essai; ainsi, il ne s'agit plus que de savoir si TT est proportionnel au nombre des plaques.

Le I. Essai, comparé avec le second, donne, par la théorie, pour le temps des oscill. de deux pièces, 22·6″; l'Exp. 22″

Les I. & III. Essais, donnent, pour la théorie,	27·7	27
I. & IV.	32	30
I. & V.	35·8	35
I. & VI.	39	39
I. & VII.	42·3	42

L'on voit, par ce tableau, que l'expérience & la théorie ont la plus grande conformité, & qu'ainsi la masse des corps soutenus par les cheveux, ou, ce qui revient au même, la tension de ces cheveux, n'influe nullement sur la force de torsion.

Il faut cependant remarquer que lorsqu'on augmente beaucoup le poids des corps, & que les cheveux ou les fils de soie sont prêts à se rompre, la même loi ne s'observe pas exactement; mais la force de torsion paroît beaucoup diminuée; les oscillations ne sont plus isochrones, le temps des grandes est beaucoup plus considérable que celui des petites : il arrive dans ce cas que le fil, par une trop grande tension, perd son élasticité, à-peu-près comme une lame qui ne conserve son ressort, que lorsqu'elle est seulement pliée à un certain point.

Troisième Expérience.

45. L'on a cherché à déterminer, dans cette Expérience, suivant quelle loi l'augmentation de longueur, dans les cheveux, diminuoit la force de torsion.

I. Essai. Un cheveu de trois pouces de longueur, chargé d'une pièce de cuivre, semblable à celles des articles précédens, a fait chaque oscillation en $\frac{11''}{12}$.

II. Essai. Un cheveu de ſix pouces de longueur, chargé de la même pièce, a fait ſes oſcillations en $\frac{16''}{2}$.

III. Essai. Un cheveu de douze pouces de longueur, en y ſuſpendant la même pièce, a fait ſes oſcillations en $\frac{22''}{2}$.

Réſultat de cette Expéricnce.

A meſure que l'on alonge le cheveu, la plaque de cuivre peut faire un plus grand nombre de révolutions, ſans augmenter la torſion de ce cheveu. Si, par exemple, on compare la torſion de chaque partie du cheveu, lorſque la pièce de cuivre fait une révolution avec un cheveu de trois pouces de longueur, avec la torſion, lorſque la plaque fait une révolution avec un cheveu de ſix pouces; la torſion de chaque partie du cheveu ſe trouvera double dans le premier cas, de ce qu'elle ſera dans le ſecond. Il doit donc arriver, ſuivant tout ce que nous connoiſſons de l'action des reſſorts, que la réaction de la torſion doit auſſi être double dans le premier cas; ainſi, les forces de torſion doivent, à révolutions égales, être en raiſon inverſe des longueurs. Mais les formules du mouvement oſcillatoires iſochrones, nous donne les forces en raiſon inverſe du quarré des temps des oſcillations; ainſi, les quarrés des temps doivent ſe trouver en raiſon directe de la longueur des cheveux. Comparons cette théorie avec l'expérience.

Les I. & II. Eſſais, donnent, pour la théorie, $\frac{15''}{2}+\frac{1}{4}$ l'Exp. $\frac{16''}{2}$
I. & III. . . . . $\frac{22''}{2}$ l'Exp. $\frac{22''}{2}$.

L'expérience & la théorie s'accordent donc encore ici, pour prouver que les forces de torſion ſont à révolutions égales, en raiſon inverſe des longueurs des cheveux.

Quatrième Expérience.

46. L'on a enfin cherché à déterminer combien le diamètre des cheveux, ou des ſoies homogènes, influoit ſur la force de torſion. Je ne rapporterai pas içi le détail des Expériences que

j'ai pu faire à ce ſujet ; parce que la difficulté de meſurer le diamètre d'un cheveu, ou d'un fil de ſoie très-fin, & de s'aſſurer qu'il eſt homogène dans toute ſa longueur, a fait varier les réſultats; mais l'on a trouvé aſſez généralement, en comparant un grand nombre d'Expériences, que pour des ſoies homogènes & de même longueur, les forces de torſion étoient à révolutions égales en raiſon triplée des diamètres.

L'on a répété ces mêmes Expériences avec des fils de ſoie, dont on s'eſt ſervi de préférence, pour ſuſpendre les Aiguilles de bouſſole; parce que l'on a reconnu qu'à forces égales, ils ſont infiniment plus flexibles que les premiers, & l'on a trouvé les mêmes loix que dans les Expériences qui précèdent.

Comparaiſon du momentum *des Forces magnétiques, avec le* momentum *de la Force de torſion des Soies.*

47. Nous avons vu, dans les Articles VI & ſuivans, que lorſqu'une bouſſole de déclinaiſon eſt éloignée de ſon véritable méridien d'un petit angle C, le *momentum*, de toutes les forces aimantaires, pour la rappeler à ſon méridien, eſt exprimé par la quantité $C\int(\varphi\mu r)$, & que le temps des oſcillations eſt donné par l'équation $\frac{\int\varphi\mu r}{\int\mu(c\mu)^2} = \frac{(180^\circ)^2}{(TT)}$.

Mais nous venons de voir, par les Expériences ſur la torſion, que ſi un corps eſt ſoutenu par une ſoie, dont l'angle de torſion ſoit C′, l'on aura aC' pour le *momentum* de la force de torſion; a étant une quantité conſtante, & qu'ainſi l'on aura également pour le temps d'une oſcillation, $\frac{a}{\int\mu' r'^2} = \frac{(180^\circ)^2}{(T'T')}$.

Ainſi, dans l'un & l'autre cas, le temps des oſcillations étant donné par l'Expérience, ainſi que les quantités $(\int\mu r^2)$ & $(\int\mu' r'^2)$, il ſera toujours facile de déterminer, pour un angle donné C, le rapport entre le *momentum* de la force de torſion a & de la force magnétique $\int(\varphi\mu r)$, & de trouver par

conséquent combien un angle de torsion donné, peut éloigner une Aiguille de son véritable méridien magnétique.

Si nous supposons (*Fig.* 10), que l'Aiguille SCN suspendue par un fil de soie, & équilibrée horizontalement, est éloignée de son véritable méridien BA de l'angle NCA..C, & que l'angle de torsion de la soie qui soutient cette Aiguille est fCN.....C'; cette Aiguille, arrivée à son état de repos, est sollicitée par deux forces; savoir la force aimantaire, dont le *momentum* pour l'amener vers $A = C\int \varphi\,\mu\,r$, & la force de torsion, dont le *momentum* est aC'; & comme il y a équilibre, l'on trouve l'équation $C\int \varphi\,\mu\,r = aC'$, ou $C = \frac{aC'}{\int \varphi\,\mu\,r}$; d'où il suit que l'erreur de l'Aiguille, exprimée par C, augmentera, comme le produit de la force de torsion, par l'angle de torsion, & diminuera à mesure que la force magnétique augmentera.

Il est donc facile de suspendre une Aiguille de manière que la torsion de la soie n'influe que très-peu sur sa position, & ne produise que des erreurs insensibles. Voici comme on peut s'y prendre : l'on suspendra d'abord au fil de soie que l'on veut employer, une Aiguille d'argent ou de cuivre, & l'on fera en sorte que, lorsque la soie sera arrivée à son état naturel, la direction de l'Aiguille de cuivre coïncide avec le méridien magnétique : l'on substituera ensuite une Aiguille aimantée, du même poids, à l'Aiguille de cuivre, & l'on sera sûr que la torsion de la soie n'influe que d'une manière insensible sur la direction de l'Aiguille; puisque l'angle de torsion coïncide à-peu-près avec le méridien magnétique.

48. Mais, pour donner à ces principes toute l'étendue qu'ils paroissent mériter, par l'utilité dont ils nous seront dans la suite, & par les rapports qu'ils peuvent avoir avec les Arts, l'on va prouver qu'en suspendant des Aiguilles aimantées à des fils de soie très-fins non tordus, & suffisans pour en soutenir le poids sans se rompre, quand même l'on supposeroit l'angle de torsion

de plus de 100 degrés avec le méridien magnétique ; la force de torsion seroit encore si peu considérable, par rapport à la force aimantaire, qu'elle ne produiroit encore que des erreurs insensibles.

Cinquième Expérience.

49. Un fil de soie, tel qu'il sort du cocon, a supporté, sans se rompre, un poids de 200 grains. Pour déterminer le *momentum* de sa force de torsion, l'on a suspendu, horizontalement à ce fil, une petite Aiguille cylindrique de cuivre d'un pouce de longueur, & de six grains de pesanteur. Le fil de soie, depuis son attache jusqu'au point de suspension, n'avoit qu'un pouce de longueur; l'on a fait tourner horizontalement le fil de cuivre autour de son centre de gravité : abandonné à lui-même, il a fait ses oscillations sensiblement isochrones en 40″.

Résultat de cette Expérience.

Nous avons trouvé, pour un corps que la torsion fait osciller l'équation $a = \frac{\int \mu' r'^2}{T'^2} (180^\circ)^2$; en nommant P′ la pesanteur de l'Aiguille, & l' la moitié de sa longueur, l'on aura $\int \mu' r'^2 = \frac{P' l'^2}{3g}$; d'où $a = \frac{(180^\circ)^2}{3g} \cdot \frac{P' l'^2}{T'^2}$.

Nous trouvons, pour le *momentum* de la force magnétique, $\int (\varphi \mu r) = \frac{(180^\circ)^2}{3g} \cdot \frac{P l^2}{TT}$; en comparant ces deux équations, il en résulte $\frac{\int \varphi \mu r}{a} = \frac{P l^2 T'^2}{P' l'^2 T^2}$.

Ainsi, si nous voulons comparer la force aimantaire d'une lame de 4 pouces de longueur, de 3 lignes de large & de 100 grains de pesanteur, avec la force de torsion, qui résulte de cette Expérience, nous trouverons que cette lame, aimantée à saturité, fait 20 oscillations en 80″; ainsi, nous avons le temps d'une oscillation, 4″, $\frac{P}{P'} = \frac{100}{6}$, $\frac{l^2}{l'^2} = \frac{4^2}{1}$, $\frac{T'^2}{TT} = \frac{(40)^2}{4^2} = (10)^2$; d'où EXEMPLE.

l'on trouve $\frac{\int\phi\mu r}{a} = \frac{26670}{1}$: ainſi, un angle de torſion (Art. 47) de 26670′, ou de 444°, ne produiroit, avec ce fil de ſoie, qu'une minute d'erreur, dans la poſition d'une Aiguille de quatre pouces de longueur, peſant 100 grains.

Sixième Expérience.

50. L'on a pris un fil de ſoie de 20 pouces de longueur, & compoſé de 12 brins, tels qu'ils ſortent du cocon ou de la filière du vers à ſoie. Ces 12 fils étoient collés enſemble ſans être tordus, & pouvoient ſupporter, ſans ſe rompre, un poids de 1800 grains. L'on a ſuſpendu à ce fil horizontalement la même Aiguille de cuivre que dans l'Expérience précédente : elle a fait ſes oſcillations ſenſiblement iſochrones dans 29″.

Réſultat de cette Expérience.

La quantité $\int\mu' r'^2 = \frac{P' l'^2}{3g}$, eſt ici la même que dans l'Expérience précédente, puiſque c'eſt le même fil de cuivre que la force de torſion fait oſciller : ainſi, en comparant cette Expérience avec la précédente, nous devons trouver les *momentum* des forces de torſion, en raiſon inverſe du quarré des temps : ainſi, la force de torſion eſt ici $= a\left(\frac{4}{29}\right)^2 = 1 \cdot 90\ a$ ou double, à-peu-près, de la force de torſion calculée dans la première Expérience : ainſi, un angle de torſion, égal à 222°, ne produiroit qu'une minute d'erreur, dans la poſition de l'Aiguille décrite à l'article précédent.

Nous voilà donc ſûrs que la torſion des ſoies ne peut influer que d'une manière inſenſible, ſur la poſition des Aiguilles magnétiques qui y ſeront ſuſpendues. Reſte à déterminer ſi la cohéſion de l'air peut produire des erreurs.

De

De la Résistance de l'Air dans les Mouvemens très-lents.

51. Quelques Auteurs célèbres ont pensé que la partie de la résistance de l'air, qui est constante & indépendante de la vîtesse, étoit une quantité assez considérable pour que l'on ne dût pas la négliger dans les formules du mouvement des corps dans ce fluide. Je vais prouver, je crois, que le *momentum* de cette résistance constante, n'est qu'une très-petite partie du *momentum* de la force magnétique d'une lame ; qu'elle ne peut produire que des erreurs insensibles dans la position de la boussole, & qu'il n'y a guère de recherches où l'on ne puisse la négliger sans danger. C'est ce que d'abord l'on peut, ce me semble, conclure de la Remarque qui va suivre.

Si l'on suspend horizontalement au fil de soie de l'Expérience précédente, une lame de cuivre, elle s'arrêtera toujours, à quelques degrés près, dans la même direction : or comme il n'y a ici que la force de torsion qui agisse, & que nous avons trouvé cette force très-petite pour un angle assez considérable ; il en résulte que, puisque cette lame est toujours ramenée à-peu-près à la même direction, la partie constante de la résistance de l'air ne peut être qu'une quantité insensible. Mais voici quelque chose de plus précis.

Septième Expérience.

52. Un fil de fer N S (*Fig.* 11,) de 9 pouces de longueur, & pesant 24 grains, a été aimanté foiblement. On l'a suspendu, par son centre C, avec un fil de soie d'un seul brin de six pouces de longueur, & dont l'angle de torsion étoit nul : sa force aimantaire lui faisoit faire 4 oscillations en 62″. Comme il n'étoit question que de déterminer la partie constante de la résistance de l'air, l'on a cherché à diminuer encore la vîtesse des oscillations : c'est ce qui a été facile en attachant à chaque extrémité de cette Aiguille, un petit poids de 50 grains : l'on a collé

enſuite au fil de fer un rectangle *abcd* de papier, d'un pouce de large, & de huit pouces de longueur.

Dans le premier Eſſai le plan du papier étoit horizontal; dans le ſecond, il étoit vertical: tout le ſyſtême faiſoit 4 oſcillations en 155″; ce qui donnoit un mouvement très-lent dans les petites oſcillations: l'on a déterminé, dans les deux Eſſais, en faiſant oſciller cette Aiguille, de combien l'angle décrit diminuoit à chaque oſcillation, depuis le commencement du mouvement juſqu'à ce que les oſcillations fuſſent inſenſibles.

I. Essai. Le plan du papier étant horizontal, l'Aiguille éloignée de 2.° de ſon véritable méridien magnétique, ...

Eſt arrivée à	1° 45′	en	2 oſcillat.
	1 30	..	2
	1 15	..	2
	1	..	2
	45	..	2
	30	..	4
	15	..	4
	0	..	*6 ou* 8 oſcillat.

II. Essai. Le plan du papier vertical:

De 2° 5′	à	1° 50′	en	2 vib.
		1 20	...	2
		50	...	2
		20	...	4
		10	...	4
		0	...	4 *ou 6* vib.

Réſultat de cette Expérience.

Le fil de fer, dont on s'eſt ſervi dans cette Expérience, oſcille en vertu de la force aimantaire. La torſion de la ſoie eſt nulle; les arcs décrits à chaque oſcillation, décroiſſent par la réſiſtance que l'air oppoſe au mouvement: or nous avons trouvé (Art. IX), que lorſqu'une Aiguille oſcilloit en vertu de la force aimantaire,

ſi elle éprouvoit une réſiſtance dont le *momentum* fût une quantité conſtante A, l'on auroit à chaque vibration, pour la différence des angles décrits $(B - B') = 2A : \int(\varphi\mu r)$; ainſi, ſi l'on ſuppoſe que lorſque le fil de fer ne s'éloigne plus en oſcillant que de 30′ de ſon méridien, il éprouve pour lors une réſiſtance conſtante. L'on verra que puiſque, dans le premier Eſſai, l'on diſtingue encore 15 oſcillations juſqu'au point de repos, nous avons 2 minut. de perte à chaque oſcillation : ainſi, $A : \int\varphi\mu r = 1'$; quantité qui exprime (Art. 6) l'erreur que peut produire la quantité A.

Si nous comparons actuellement le *momentum* magnétique de cette Aiguille, que nous avons aimantée très-foiblement, avec le *momentum* magnétique d'une lame de 4 pouces de longueur, 3 lignes de large, 100 grains de peſanteur, nous trouverons que la quantité A pourroit à peine produire, dans la direction de cette Aiguille, une erreur de 5 à 6″, quantité que l'on peut négliger.

Si l'on veut avoir la réſiſtance qu'éprouve le plan du papier lorſqu'il eſt vertical, l'on trouvera, par des raiſonnemens ſemblables à ceux qui précèdent, que, puiſqu'il fait 11 ou 12 oſcillations lorſqu'il a commencé à vibrer à 30′ de ſon méridien, la réſiſtance de l'air eſt encore inſenſible dans ce cas : il paroît même s'enſuivre que, de quelque manière que le plan ſoit placé, par rapport à la direction de ſon mouvement, la réſiſtance conſtante eſt à-peu-près la même, & que la différence que l'on trouve entre le premier & le deuxième Eſſai, eſt dûe à la petite viteſſe dans ces deux Eſſais.

53. En faiſant oſciller différentes Aiguilles avec des petits plans de papiers, comme dans l'Article précédent, & en étendant le mouvement oſcillatoire juſqu'à 10 ou 12 degrés du méridien magnétique, l'on a eu des obſervations qui, comparées avec les formules du mouvement oſcillatoire, nous ont paru propres à développer la théorie de la réſiſtance de l'air, lorſque

les corps s'y meuvent d'un mouvement très-lent; mais ce travail n'a point de rapport avec ce Mémoire.

Ces Expériences au ſurplus ſont très-délicates, & demandent la plus grande attention. L'Aiguille & le fil, qui la ſuſpend, doivent être renfermés dans une boîte où l'air ne puiſſe pas pénétrer : l'on fait oſciller les Aiguilles, en leur préſentant en-dehors de la boîte le pole d'une autre Aiguille; l'on obſerve les petites oſcillations avec une loupe.

Conſtruction d'une Bouſſole propre à obſerver les Variations diurnes.

54. Inſtruit que la cohéſion de l'air, & que la torſion des ſoies ne pouvoit influer que d'une manière inſenſible, ſur la poſition des Aiguilles aimantées, j'ai fait exécuter une bouſſole, ſans preſque le ſecours d'aucun Artiſte, avec laquelle j'obſerve, depuis cinq mois, la variation diurne avec une préciſion, que l'on ne pourra jamais eſpérer avec des Aiguilles à chappe ſuſpendues ſur des pivots.

La *(Fig. 12. n.° 1,)* repréſente en perſpective toutes les parties de la boîte où l'Aiguille eſt renfermée. La partie A B eſt une tige creuſe, qui s'élève de 20 pouces au-deſſus de la boîte H K L M, au milieu de laquelle elle eſt fixée, par le moyen d'une traverſe & de deux petits eſſeliers qui la ſoutiennent. A l'extrémité de cette tige, l'on a mis, en C, une plaque de cuivre circulaire, mobile & percée à ſon centre, pour y recevoir l'extrémité d'un fil de ſoie qui ſoutient l'Aiguille. La partie ONQR eſt une prolongation de la grande boîte HKLM ſur une moindre hauteur. Ces boîtes ſont fermées par des chaſſis garnis de glaces, qui laiſſent voir tout ce qui ſe paſſe dans l'intérieur.

SVP eſt un ſupport de bois, fixé ſur la table où la boîte de Bouſſole eſt poſée. Ce ſupport porte à ſon ſommet V un petit cylindre creux, où une petite lunette d'un champ très-étendu,

pour que l'obſervateur place toujours ſon œil au même point.

La même (*FIG.* n.° 2,) repréſente une ſection verticale de la boîte, faite ſuivant ſa plus grande longueur, que l'on a ſoin de placer à-peu-près parallélement au méridien magnétique. *a b c d* repréſente la lame d'acier, ou l'Aiguille aimantée ſuſpendue de champ *. Elle a dix pouces de longueur, trois lignes & demie de large, & pèſe 250 grains. A ſon extrémité boréale *b*, eſt ſoudée une petite lame de cuivre *b d e f* très-légère, qui ſe termine par une pointe extraordinairement fine. A l'extrémité auſtrale eſt un petit contre-poids qui embraſſe la lame, & s'y ſoutient par frottement; il ſert à établir l'Aiguille dans une poſition horizontale. Le fil C B eſt une ſoie de 12 brins, pareille à celle que nous avons calculée dans les Expériences qui précèdent: elle a été détordue, ou ramenée à ſa direction naturelle, par une Aiguille de cuivre que l'on y avoit d'abord ſuſpendu; & comme l'attache C eſt fixée à un cercle mobile autour de ſon centre, il a été facile de faire coïncider l'Aiguille de cuivre, lorſque la ſoie a été dans ſon état naturel avec le méridien magnétique, que l'on connoiſſoit à-peu-près.

En K, eſt le limbe d'un cercle qui a 15 pouces de rayon, & dont le centre eſt dans la verticale C G. Ce cercle eſt diviſé de 16 en 16′, ou plutôt de 4 en 4′, par le moyen des diagonales qui traverſent ſon limbe, comme on le voit figuré, n.° 3.

La diſtance de l'extrémité *e f* de l'Aiguille au limbe du cercle, étoit ſi peu conſidérable qu'elle ne pouvoit produire, pour l'Obſervateur, dans une variation d'un ou deux degrés, que des erreurs inſenſibles; mais qu'il eſt facile de calculer, parce que cette diſtance eſt connue, & que l'œil eſt toujours dans la même

* L'on s'eſt ſervi, ſans choix, de la première lame d'acier qui s'eſt préſentée: l'on auroit pu déterminer les dimenſions de cette lame par les équations, Art. 37, & ſuivans; mais la réſiſtance que doit occaſionner le genre de ſuſpenſion que nous employons ici, eſt ſi peu conſidérable, que ce degré de perfection paroît inutile.

position. L'on donnera, dans le dernier Chapitre de ce Mémoire, l'Extrait des Observations faites avec cette Aiguille.

55. Cette espèce de suspension n'entraîne, ce me semble, aucun des défauts qu'il est peut-être impossible de corriger dans les Aiguilles à chappe soutenues par les pivots : toutes les forces verticales se contre-balancent ici nécessairement ; & leur résultante passe par la direction verticale C G qui est invariable : toutes les forces magnétiques, qui sollicitent la Boussole, étant décomposées suivant une ligne horizontale, se trouvent, à cause du peu d'épaisseur de la lame que nous suspendons de champ, dans le même plan vertical, & par conséquent ce plan se dirigera suivant le méridien magnétique. Si l'on veut plus de précision, il sera facile de suspendre cette même lame par l'autre côté de son champ, en sorte que la surface soit toujours verticale. L'on observera si la surface de la lame conserve la même direction ; & dans le cas où il y auroit de la différence, la moitié de l'angle observé donnera, comme nous le verrons dans le Chapitre suivant, le véritable méridien magnétique.

56. La facilité de construire des Boussoles dans le genre de celle que nous venons de proposer, & de leur donner, sans inconvénient de plus grands rayons ; l'exactitude qui en résultera pour les observations des variations de déclinaisons, doivent, ce me semble, les faire préférer pour toutes les observations relatives à la Physique, à des Aiguilles suspendues sur des pointes de pivots.

Mais, d'un autre côté, comme il sera assez difficile d'adapter de pareilles Boussoles au service de la Marine, non-seulement à cause du mouvement des vaisseaux, mais parce qu'en outre la flexibilité des suspensions les laisse osciller très-long-temps, pour peu qu'on les éloigne de leur méridien ; ce qui ne peut pas convenir aux opérations des Navigateurs, qui doivent presque toujours se faire avec célérité : nous sommes obligés, pour l'utilité de la Navigation, de tâcher de découvrir d'où peuvent provenir les inconvéniens des chappes & des

pivots, & quels ſont les moyens de connoître les erreurs qui en réſultent.

ADDITION.

QUOIQUE la Bouſſole dont nous venons de parler, donne les Obſervations d'une manière plus exacte que toutes celles que l'on a eu juſqu'à préſent, elle ſera cependant ſuſceptible d'un plus grand degré de perfection, lorſque l'on pourra ſe procurer des Ouvriers plus adroits que ceux que j'avois à ma diſpoſition, dans le temps que je travaillois à mon Mémoire: j'étois alors chargé de quelques réparations aux Fortifications de la Hougue, petit Fort en Baſſe-Normandie, ſur les Côtes de la Preſqu'Iſle du Cotentin, & je n'y trouvai abſolument aucun ſecours.

Cette Addition n'a été faite qu'après le Jugement DE L'ACADÉMIE.

La Bouſſole, que je vais décrire dans cette Addition, donnera les variations, à quelques ſecondes près.

La Figure première, Planche A, repréſente extérieurement, en perſpective, toutes les parties de la nouvelle Bouſſole; elle eſt formée d'une boîte de deux ou trois pieds de longueur, ſur laquelle s'élève une tige creuſe verticale, deſtinée à renfermer le fil qui ſoutient l'Aiguille: cette boîte eſt poſée ſur deux traverſes de cuivre BB′, *ii*; à l'extrémité de ces traverſes, & ſans toucher à la boîte, s'élèvent verticalement les piliers AB, A′B′, & *i*P, *i*′P′; les deux premiers ſont liés, dans leur partie ſupérieure, par une traverſe N*n*, percée vers le milieu par un trou circulaire, qui enfile, ſans la toucher, la tige creuſe CF: ſur cette même traverſe, & correſpondamment au même trou, l'on fixe un anneau circulaire, tel qu'on le voit repréſenté à la Figure troiſième: cet anneau, qui a ſon centre dans le fil vertical qui ſoutient l'Aiguille, ſert de cercle de rotation à une alidade horizontale *a l*; l'alidade porte, à ſon extrémité *l*, une petite lunette microſ-

copique, placée verticalement, pour obſerver les mouvemens de l'extrémité de l'Aiguille aimantée.

La Figure ſeconde, n.° 1, repréſente une ſection de cette même Bouſſole, ſuivant ſa longueur: l'Aiguille *ad*, eſt ſoutenue de champ, par le moyen d'un coulant *b*, attaché par ſa partie ſupérieure au fil de ſoie vertical *cb*: à une des extrémites *a* de la Bouſſole, eſt un ſecond coulant *a*, qui ſert de contre-poids pour établir l'Aiguille dans une poſition horizontale: à l'autre extrémité *d*, l'on ſoude un petit cadre de cuivre, repréſenté au n.° 2, ſur lequel l'on trace un trait très-délié, ſuivant la longueur de l'Aiguille, qui exprime le méridien magnétique.

Au foyer de la lunette *eg*, l'on a placé, en *f*, un petit fil de ſoie, dirigé ſuivant le rayon de l'alidade, ou dont le centre de rotation, dans les mouvemens de l'alidade, eſt le même que celui de l'Aiguille: en *l*, eſt le limbe d'un cercle, que parcourt l'extrémité de l'alidade diviſée ſuivant la méthode de *Nonius*: l'alidade exécute les petits mouvemens de rotation, au moyen d'une vis de rappel, comme on le pratique pour tous les Inſtrumens deſtinés à donner les angles avec préciſion.

Il eſt inutile d'entrer dans un plus grand détail ſur la conſtruction de cette Bouſſole: la boîte ſe place de manière que ſa longueur réponde au méridien magnétique, & les variations de l'Aiguille, ſe meſurent au moyen de l'alidade, en faiſant correſpondre le fil de la lunette, avec le trait qui diviſe le cadre de cuivre, ſoudé à l'extrémité de l'Aiguille: au lieu du trait que nous traçons ſur ce cadre, il ſeroit peut-être plus commode de percer ce cadre, ſuivant ſa longueur, & de ſubſtituer au trait, un fil de ſoie, pour pouvoir vérifier la direction de l'Aiguille, par le renverſement.

Si l'on vouloit ſe ſervir de cette Bouſſole, pour déterminer la déclinaiſon abſolue, il faudroit placer horizontalement ſur l'alidade,

l'alidade, & parallélement à ſon rayon, une lunette ordinaire, avec laquelle l'on obſerveroit un point à l'horizon.

La boîte, ainſi que les traverſes, ſe fixent à quelques corps ſolides, par pluſieurs vis de cuivre, de manière que le tout ſoit inébranlable : les piliers ſont ſéparés de la boîte ; &, entre l'anneau qui ſert de centre de rotation à l'alidade, & la tige verticale, qui renferme le fil à plomb, il y a aſſez de jeu, pour que les mouvemens de l'alidade ne puiſſent occaſionner aucun ébranlement, ni à la tige, ni à la boîte.



CHAPITRE IV.

Principes généraux ſur l'état d'équilibre des Corps; leur application aux Lames magnétiques, poſées ſur des Plans équilibrés horizontalement; ce qui en réſulte pour le Point de ſuſpenſion, & pour tracer ſur les Lames le véritable Méridien magnétique: du Frottement des Pivots, & des Chappes: application de tous ces Principes à la Conſtruction des Bouſſoles marines.

57. Lorsqu'un corps libre, ſollicité par des puiſſances quelconques, eſt ſuppoſé parvenu à ſon état de repos; ſi toutes les forces qui agiſſent ſur ce corps ſont décompoſées ſuivant deux directions, l'une perpendiculaire à un plan quelconque, & l'autre parallèle à ce plan, la ſomme des forces décompoſées, ſuivant la direction perpendiculaire au plan, ſera nulle. Si l'on décompoſe enſuite toutes les forces parallèles au plan en deux autres encore parallèles à ce même plan, mais perpendiculaires l'une à l'autre, la ſomme des forces décompoſées, ſuivant chacune de ces directions, ſera encore nulle.

58. D'un autre côté, lorſqu'un corps libre eſt parvenu à ſon état de repos, ſi l'on ſuppoſe une ligne quelconque qui traverſe ou non le corps, l'on pourra regarder cette ligne comme un axe fixe, autour duquel toutes les forces, qui ſollicitent le corps, agiſſent pour le faire tourner. Or le corps étant en repos, il faut néceſſairement que les *momentum* de toutes les forces ſe faſſent équilibre autour de cet axe: ainſi, ſi l'on fait paſſer, dans le plan ſuppoſé à l'Article précédent, deux lignes perpendiculaires l'une

à l'autre, & qu'à leur point de rencontre l'on élève une perpendiculaire à ce plan, ces trois lignes pourront être regardées comme trois axes fixes de rotation, & il faut, pour que l'équilibre ſubſiſte, que le *momentum*, de toutes les forces autour de ces trois axes, ſoit nul.

Ces trois conditions d'équilibre, réunies avec les trois autres conditions expliquées dans l'Article précédent, forment ſix conditions à remplir, pour qu'un corps ſollicité par des puiſſances quelconques, perſiſte dans ſon état de repos.

Comme ces propoſitions de Statique ſont développées dans tous les Livres de Mécanique, je ne m'y arrêterai pas.

59. Si nous ſuppoſons actuellement que ce corps, ſollicité par des puiſſances quelconques, eſt en outre preſſé ſur un des points de ſa ſurface par la pointe d'un pivot; pour lors ayant fait paſſer un plan qui touche la ſurface du corps dans ſon point de preſſion, & élevant au point de contact une perpendiculaire à ce plan, nous aurons en conſéquence des deux propoſitions précédentes.

1.° Que la ſomme des forces décompoſées, ſuivant deux directions perpendiculaires l'une à l'autre, & parallèles au plan de contact, ſera nulle.

2.° Que la ſomme des forces décompoſées, perpendiculairement à ce plan, ſera égale à la preſſion qu'éprouve le point de contact.

Si l'on avoit égard au frottement occaſionné par la preſſion du point de contact, l'équilibre pourroit ſubſiſter toutes les fois que le frottement donneroit une réſiſtance plus grande que la réſultante de toutes les forces, qui agiſſent parallélement au plan de contact.

Les trois premières conditions d'équilibre remplies, l'on ſatisfera facilement aux trois autres pour le *momentum*, en faiſant paſſer trois axes fixes par le point de contact, & le frottement

ne pourra influer ſur les conditions d'équilibre des *momentum*, de toutes les forces autour de ces trois axes, qu'autant que la pointe du pivot preſſera une ſurface ou pluſieurs points à-la-fois.

60. Appliquons ces propoſitions générales à l'état d'équilibre des Bouſſoles, ſoit (*FIG.* 13,) un plan *a o b e* peſant, équilibré horizontalement par le moyen d'une chappe, dont l'axe eſt vertical, en ſorte que le fond de la chappe, qui porte ſur la pointe d'un pivot, peut être regardée comme un plan horizontal très-petit : ſoit poſé ſur ce plan une Aiguille aimantée, conſidérée comme une ligne, & balancée par le petit contre-poids P, en ſorte que le plan reſte toujours horizontal ; le n.° 1 repréſente le plan, & le n.° 2 ſa ſection, ſuivant le méridien magnétique.

Si nous appliquons ici les principes qui précèdent, nous trouverons que toutes les parties du plan ſont ſollicitées par les forces de la gravité. Nous trouverons en ſecond lieu que l'Aiguille eſt ſollicitée par ſa gravité & par ſa force aimantaire, qui agit ſur chaque point, ſuivant une direction conſtante. Nous trouverons, en décompoſant la force magnétique, ſuivant une direction horizontale, & ſuivant une direction verticale, que la force verticale augmente le poids de la partie boréale, & agit dans un ſens contraire, ou diminue la peſanteur de la partie auſtrale. Nous trouverons en outre, en conſéquence du deuxième principe, que l'augmentation de peſanteur de la partie boréale, eſt exactement égale à la diminution de peſanteur de la partie auſtrale ; & qu'ainſi la preſſion qu'éprouve la pointe du pivot, eſt égale à la peſanteur de tout le ſyſtème.

Nous remarquerons enſuite que l'action du globe terreſtre ſur l'Aiguille, ayant, pour tous les points de cette Aiguille, une direction conſtante ; ſi l'on décompoſe cette action, il en réſulte, pour chaque point, une force horizontale, ſuivant le méridien magnétique, & qu'à cauſe de l'égalité des ſommes des forces, dans les deux ſens oppoſés, l'Aiguille, comme nous l'avons déjà expliqué dans le deuxième principe, ſe dirigera ſuivant le méridien magnétique.

61. Il résulte encore des principes qui précèdent, que dans quelques positions, & à quelque distance du centre de rotation, que cette Aiguille se trouve sur le plan horizontal, la force qui la ramenera à son véritable méridien, lorsqu'elle en sera éloignée d'un angle quelconque b, aura toujours le même *momentum*.

Pour le démontrer soit (*FIG.* 14,) C, le centre de rotation d'une Aiguille SN, posée comme dans l'Article précédent, sur un plan équilibré horizontalement; que le centre magnétique de cette Aiguille soit supposé en k; par ce centre soit tirée la ligne akb, qui représente le méridien magnétique; & par le point de rotation C, soit tirée la ligne AB paralelle à ce méridien; que l'angle Nkb, entre la direction de l'Aiguille & son méridien, soit supposé b.

Chaque point μ de cette Aiguille, est sollicité en vertu du premier principe par une force μE, parallèle au méridien magnétique. Toutes les forces de la partie KN, étant dirigées vers le Nord; toutes les forces de la partie KS, étant dirigées vers le Sud, soit φ la force qui agit sur le point boréal μ, & φ' la force qui agit sur le point austral μ', de l'autre côté du centre aimantaire; l'on aura (en abaissant des points μ, K, μ' des perpendiculaires sur le méridien AB) pour le *momentum* de la force qui agit sur le point μ, autour du centre de rotation C, $(\varphi\mu)\cdot(\text{DK}-q\mu)$; &, pour le *momentum* de la force qui agit sur le point austral $\mu'\mu$, $\varphi'\mu'(\text{DK}+q'\mu')$: or les forces étant dirigées suivant deux directions opposées, il en résulte, pour le *momentum* total, autour du centre de suspension C, la formule $(\int\varphi'\mu'-\int\varphi\mu)\,\text{DK}+\int\varphi'\mu'\cdot q'\mu'+\int\varphi\mu\cdot q\mu$; &, comme la somme des forces australes, est égale à la somme des forces boréales, il en résulte que le premier terme s'évanouit, & que la formule se réduit à $\int\varphi\mu r\left(\frac{\sin b}{\text{Rayon}}\right)$, intégré pour la totalité de l'Aiguille, r représentant ici la distance $(\text{K}\mu)$.

Ainsi, une Aiguille aimantée, posée sur un plan équilibré

horizontalement, ſe rétablira toujours dans la direction de ſon méridien magnétique ; & lorſqu'elle ſera éloignée de cette direction d'un angle quelconque b, ſon *momentum*, autour du centre de rotation, ſera toujours proportionel à $\mathit{ſin}\ b$, & indépendant de la diſtance de l'Aiguille, au centre de rotation.

62. REMARQUE. Si la ſomme des forces auſtrales n'étoit point égale à la ſomme des forces boréales, pour lors l'on auroit la poſition de l'Aiguille, par rapport à ſon méridien, dans l'état d'équilibre, en ſuppoſant la formule précédente, $(\int \varphi' \mu' - \int \varphi \mu) D k + (\int \varphi \mu \cdot k \mu + \int \varphi' \mu' \cdot k \mu') \frac{\mathit{ſin}\, b}{\text{Rayon}} = 0$; mais, comme nous avons démontré que la ſomme des forces auſtrales, eſt égale à la ſomme des forces boréales, nous ne nous arrêterons pas à diſcuter ces nouveaux réſultats.

63. Nous venons de voir qu'il n'y avoit point de difficulté, pour déterminer le méridien magnétique, lorſque l'Aiguille aimantée pouvoit être regardée comme une ligne ; puiſqu'elle prenoit néceſſairement la direction du méridien magnétique. Mais ſuppoſons actuellement que cette Aiguille ſoit une lame aimantée, qui ait de la largeur ; & voyons quel angle la direction du méridien magnétique formera avec un des côtés de la lame, lorſque le plan, équilibré horizontalement, ſera arrivé à ſon état de repos.

Sur un plan horizontal, ſemblable à celui de l'Article précédent, ſoit poſé une lame aimantée (ABDE) (*FIG.* 15) ; que l'extrémité BE de cette lame aie une force boréale, & l'extrémité AD une force auſtrale : ſi l'on ſuppoſe que la réſultante de toutes les forces boréales eſt repréſentée par $k o$, & la réſultante de toutes les forces auſtrales par $g f$, les forces de la partie boréale, comme de la partie auſtrale, étant toute dirigée en vertu du premier principe, ſuivant le méridien magnétique, ſeront par conſéquent toutes parallèles entr'elles, & leurs réſultantes ſeront paralèlles au méridien magnétique : ainſi, ſi lorſque la Bouſſole ſera parvenue à ſon état de repos, l'on abaiſſe, du point de rotation C, une per-

pendiculaire ſur le méridien magnétique, elle ſera en même temps perpendiculaire ſur la réſultante des forces magnétiques. Or, comme la ſomme des forces boréales égale la ſomme des forces auſtrales, il faut que le bras de levier ſoit le même pour les deux réſultantes, qui ſeront par conſéquent en ligne droite.

L'on voit facilement que dans quelqu'endroit du plan, équilibré horizontalement, que la lame ſoit placée, elle prendra toujours la même direction, pourvu qu'elle ſoit poſée ſur la même face.

Si l'on ſuppoſe actuellement que, dans la lame ABDE, la ligne $f\varphi$ des réſultantes reſtant immobile, l'on fait tourner toute la lame autour de cette ligne, juſqu'à ce qu'elle ſoit placée ſur ſon autre face, il eſt évident que lorſque cette lame aura fait une demi-révolution autour de l'axe $f\varphi$; ſi la lame étoit en équilibre ſur ſa première face, quant aux forces ſituées dans le plan horizontal, elle le ſera encore lorſqu'elle aura fait une demi-révolution autour de l'axe $f\varphi$, & qu'elle ſera placée ſur l'autre face, repréſentée ici par les lignes ponctuées $A'B'D'E'$; ou DD' repréſente le diamètre ou la projection du demi-cercle, parcouru par le point D, qui ſe trouve coupé en deux parties égales par la réſultante $f\varphi$; & AA' repréſente le diamètre du cercle parcouru par le point A.

Si nous prolongeons actuellement les lignes correſpondantes AB, $A'B'$, ainſi que la réſultante φf, l'on verra que ces trois lignes doivent ſe rencontrer au même point T, & que l'angle ATf, formé entre la direction du côté AB de la lame, & de la réſultante $f\varphi$, ſera la moitié de l'angle ATA'.

Il nous ſera actuellement bien facile de tracer, ſur une lame, une ligne qui réponde au méridien magnétique : nous poſerons cette lame ſur le plan équilibré horizontalement, & nous obſerverons la direction de ſon côté AB; nous renverſerons cette lame ſur ſon autre face : nous équilibrerons de nouveau le plan horizontalement, & nous obſerverons la nouvelle direction du côté $A'B'$. La moitié de l'angle, formé

par ces deux directions, nous donnera le méridien magnétique: au-lieu d'obſerver la direction d'un des côtés de la lame, l'on peut tracer une ligne ſur le milieu de cette lame, & obſerver ſa direction, ce qui reviendra au même.

64. REMARQUE. Lorſque l'Aiguille SN ſera poſée ſur un plan A B D E (*Fig.* 16,) incliné à l'horizon, ſuſpendu & mobile autour du point de ſuſpenſion *i*, l'on déterminera encore facilement toutes les conditions d'équilibre.

Par le point de ſuſpenſion *i*, faiſons paſſer trois axes : *i* F, axe horizontal dans le plan du méridien magnétique; *i* O, axe horizontal perpendiculaire au méridien magnétique; *i f*, axe vertical : toutes les forces de la gravité & du magnétiſme, doivent être en équilibre autour de ces trois axes.

Si nous décompoſons toutes les forces magnétiques μR, qui qui agiſſent ſur chaque point μ de l'Aiguille, en une force horizontale μQ, & une force verticale QR, ſituées l'une & l'autre dans le plan du méridien magnétique, nous verrons que toutes les forces verticales n'ont point de *momentum* autour de l'axe *if*, puiſqu'elles lui ſont parallèles. Il ne reſte donc que les forces horizontales: mais à cauſe de l'égalité entre les forces auſtrales & les forces boréales, & du parallétiſme des forces horizontales avec le méridien magnétique, l'Aiguille prendra néceſſairement une direction parallèle au plan de ce méridien.

D'un autre côté, l'axe horizontal *i* F, étant ſuppoſé dans le méridien magnétique, & l'Aiguille S N étant parallèle à ce méridien, les forces horizontales n'auront aucun *momentum* autour de l'axe *i* F, puiſqu'elles lui ſont paralleles; & les forces verticales magnétiques, auront toutes le même bras de levier autour de cet axe. Delà il réſulte, à cauſe de l'égalité entre les ſommes des forces aimantaires, dans les directions oppoſées, que ces forces, décompoſées verticalement, ſe contre-balancent autour de l'axe *i* F; ainſi, les forces de la gravité de tout le ſyſtême doivent auſſi ſe contre-balancer; & ſi l'on fait paſſer,

par

par le centre de gravité p, une verticale $p\,k$, elle rencontrera néceſſairement l'axe $i\,F$ dans un point quelconque k, éloigné du point i de la quantité $k\,i$, que nous allons déterminer.

Il ne reſte pour cela qu'à chercher le *momentum* de toutes ces forces, autour de l'axe horizontal i O, perpendiculaire au méridien magnétique. Nous venons de voir que l'Aiguille ſe dirigeoit toujours ſuivant le plan du méridien magnétique : ainſi, les forces magnétiques μR de chaque point μ, que nous avons trouvé, par le premier principe, parallèles entr'elles, ſont dans un plan perpendiculaire à l'axe $o\,i$. Ainſi, ſi ce plan rencontre cet axe au point O, & ſi C eſt le centre magnétique de l'Aiguille S N, il ſuit, de l'article 61, que le *momentum*, de toutes les forces magnétiques autour de cet axe i O, ſera le même que le *momentum*, de toutes ces forces, autour du centre aimantaire C. Ainſi, en nommant H l'angle NμQ, inclinaiſon de l'Aiguille ſur la ligne horizontale μ Q, & I l'angle QμR, formé par la direction magnétique μR, avec cette même horizontale; l'on aura, comme dans l'article 61, en nommant encore $\mu R = \varphi$, & $c\mu = r$, l'équation $\int \varphi\mu r \cdot \frac{\mathit{ſin}\,(H+I)}{\text{rayon}} =$ *momentum* magnétique autour de l'axe iO.

Si a eſt la diſtance du centre de gravité p, au point de ſuſpenſion i; ſi, de plus, l'on ſuppoſe l'angle $p\,i\,f = G$, le poids total $= P$, l'on aura, pour le *momentum* de tout le poids du ſyſtême, autour de l'axe $i\,o$, la quantité $aP \cdot \frac{\mathit{ſin}\,G}{\text{rayon}}$; &, à cauſe de l'état d'équilibre, où l'on ſuppoſe le ſyſtême parvenu, l'on aura, en général, $Pa \cdot \mathit{ſin}\,G = \int(\varphi\mu \cdot c\mu) \cdot \mathit{ſin}(H+I)$.

65. Voici pluſieurs concluſions que l'on peut tirer de cette Remarque. Lorſqu'on a équilibré horizontalement, pour un lieu quelconque, une roſe de Bouſſole, chargée de ſes Aiguilles magnétiques, la force magnétique, ainſi que la direction, venant à changer à meſure que l'on change de latitude & de longitude, il arrivera que le plan de la roſe tournera autour de ſon centre de ſuſpenſion, en s'inclinant à l'horiſon; mais ce plan reſtera

toujours perpendiculaire au plan du méridien magnétique du lieu où l'on ſera arrivé. Il arrivera encore que le centre de gravité de tout le ſyſtême, tournera autour du point de ſuſpenſion i, en s'approchant ou s'éloignant de la perpendiculaire if, ſans jamais ſortir du plan du méridien magnétique ; & que l'angle, parcouru par ce centre de gravité, ſera égal à l'inclinaiſon de la roſe ſur le plan horizontal. C'eſt ce que démontre la *FIG.* 17, où le centre de gravité, étant en P lorſque la roſe eſt horizontale, le point i étant le point de ſuſpenſion, & ie' une perpendiculaire abaiſſée du point de ſuſpenſion ſur le plan de la roſe; lorſque le point P arrivera en P′, la ligne verticale ei arrivera en ie', & la Bouſſole N S en N′ S′, l'angle $NCN' = eie' = PiP'$; ainſi, dans l'équation de l'article précédent, $a\,\mathit{ſin}\,G \cdot P = \mathit{ſ}(\varphi\mu c\mu) \cdot \mathit{ſin}\,(H+I)$: ſi $\mathit{ſin}\,G = A$, lorſque la roſe eſt horizontale, l'on aura $A - G = H$, & par conſéquent $aP \cdot \mathit{ſin}\,(A-H) = \mathit{ſ}\varphi\mu c\mu \cdot (\mathit{ſin}\,H+I)$: ſi la force magnétique & ſa direction étoient données, l'on auroit facilement l'inclinaiſon H de la Bouſſole.

66. Il ne reſte plus, pour compléter cette théorie, que de déterminer les forces coërcitives, qui dependent ſoit du frottement du pivot, ſur le fond de la chappe, ſoit de l'imperfection de ces chappes : mais l'on s'apperçoit d'avance que le frottement, augmentant néceſſairement avec le poids, & la force magnétique étant, proportion gardée, moindre pour une lame peſante que pour une lame légère, que d'ailleurs le *momentum* d'une lame, pour ſe retablir ſur ſon méridien magnétique, étant indépendant de ſa poſition dans le plan de la roſe; l'on doit toujours preférer les Bouſſoles formées avec pluſieurs lames légères, dont les lignes, du méridien magnétique, ſont parallèles entr'elles à une ſeule lame épaiſſe & peſante. Mais, pour nous mettre à même de dire quelque choſe de plus précis, voyons ce que l'expérience & la théorie nous donneront ſur le frottement des pivots.

Du Frottement des Pivots.

67. Tous les Auteurs qui ont écrit ſur le frottement, toutes les Expériences que l'on a pu faire à ce ſujet, ſe ſont réunies à prouver que la ſurface entroit pour peu dans les frottemens des corps légers, & qu'ils ſuivoient à-peu-près le rapport des preſſions. Nous avons cherché à déterminer ſi cette même loi ſubſiſtoit, lorſqu'on faiſoit gliſſer des ſurfaces très-dures ſur des pointes d'Aiguille.

Expérience.

A B C D (*Fig.* 18, n.° 1 & 2,) eſt une petite planche, ſur laquelle on a planté trois Aiguilles la pointe en-haut. Cette planche eſt mobile autour de l'axe B D, fixé à une table horizontale. L'on donnoit par ce moyen, à la planche A B, n.° 2, l'inclinaiſon néceſſaire, pour qu'une petite lame *a b*, de verre ou de cuivre, poſée ſur la pointe de trois Aiguilles, commença à y gliſſer. Voici les réſultats de quelques Expériences.

En ſe ſervant d'une lame de verre peſant $\frac{1}{2}$ once, l'on a trouvé que, pour qu'elle commençât à gliſſer ſur les pointes d'acier, il falloit que le ſinus d'inclinaiſon fût le ſeptième du rayon. L'on a chargé ſucceſſivement cette plaque de 1, 2, 3 & 4 onces, & l'on a toujours trouvé qu'elle commençoit à gliſſer ſous la même inclinaiſon. La lame de verre, réduite à 100 grains, a ſenſiblement donné le même réſultat.

Pour une lame de cuivre jaune, planée au marteau, & très-bien polie, l'on a eu encore des réſultats analogues aux précédens : l'on a trouvé ſeulement que le frottement étoit plus conſidérable entre les pointes d'acier & le cuivre, qu'entre l'acier & le verre. La plaque de cuivre ne commence à gliſſer ſur les pointes d'acier, que lorſque le ſinus d'inclinaiſon eſt au rayon :: 1 : 5 $\frac{1}{2}$.

Il ſuit de ces deux Expériences, que le frottement de pointes de pivot eſt à-peu-près proportionnel aux preſſions.

68. Si nous ſuppoſons à préſent qu'un corps, A B D E (*Fig.* 19, n.° 1,) porte ſur la ſection horizontale d'une colonne, dont le plan circulaire eſt repréſenté au n.° 2. Si nous ſuppoſons de plus que le centre de gravité de ce corps répond au point C, & que des forces horizontales agiſſent pour le faire tourner autour de ce centre, il eſt évident que ce corps ſera retenu par le frottement de ſon plan AE ſur le cercle CMH; frottement qui dépendra de la preſſion qu'éprouvent tous les points du cercle. Mais la preſſion de tous les points de ce cercle, doit être ici une quantité conſtante; c'eſt ce qui paroît au moins très-probable, en ſuppoſant toute la ſurface de ce cercle couverte d'une infinité de petits reſſorts égaux, qui, à cauſe du centre de gravité placé en C, ſe comprimeront également entre les deux plans de contact. Ainſi, puiſque nous avons trouvé le frottement proportionnel à la preſſion, le *momentum*, dû à la réſiſtance de chaque point du cercle, ſera proportionnel à la diſtance de ce point au centre C.

Que $\frac{\delta}{n}$ exprime le frottement d'un point du cercle, δ étant la preſſion de ce point, le *momentum* total du frottement autour du point C, ſera égal à $\frac{\delta (CM)^3}{3 \cdot n} \cdot 360^\circ$; &, comme le poids du corps égale la preſſion totale du cercle de contact, l'on aura, en nommant P le poids du corps, $P = \frac{\delta (CM)^2}{2} \cdot 360^\circ$; ainſi, le *momentum* total du frottement autour du centre C, ſera $\frac{2P}{3n} CM$, où $\frac{1}{n}$ exprime le rapport de la preſſion au frottement: ainſi, le *momentum* du frottement d'un corps, qui pirouette ſur un cercle, eſt en raiſon compoſée de ſon poids, & du diamètre du cercle de contact.

69. Remarque. Si la verticale, paſſant par le centre de gravité du corps, rencontroit (*Fig.* 20,) le cercle de contact A B D E dans un point P, autre que ſon centre de figure C, l'on trouveroit ainſi les conditions d'équilibre.

1.° La ſomme des preſſions de tous les points du cercle, doit être égale à la peſanteur du corps : 2.° ſi l'on fait paſſer

deux axes B D, A C perpendiculaires l'un à l'autre, par le point P, dans le plan du cercle de contact, l'on verra que, puiſque le point P eſt ſuppoſé dans la verticale qui répond au centre de gravité, les *momentum* de la peſanteur de toutes les parties du corps, ſont en équilibre autour de ces deux axes; & que par conſéquent il faut que les *momentum* de la réaction de la preſſion qu'éprouve tous les points μ, ſoient en équilibre autour des deux mêmes axes. Ainſi, ſi l'on abaiſſe de tous les points μ du cercle, deux perpendiculaires $\mu\varphi$ & $\mu\pi$, à ces deux axes; ſi δ repréſente la preſſion du point μ, & P le poids du corps, les trois équations qui expriment l'état d'équilibre, donneront; 1.° $\int \delta \cdot \mu = P$; 2.° $\int \delta \cdot \mu\varphi = 0$; $\int \delta \cdot \mu\pi = 0$.

Si l'on vouloit actuellement déterminer la réſiſtance que le frottement oppoſeroit à une force horizontale KR (*), ſuppoſons pour un inſtant que le corps ne peut tourner qu'autour d'un axe vertical fixe, paſſant par le point N; du point N ſoit abaiſſé la perpendiculaire N K ſur la direction de la force K R, la réſiſtance que le frottement oppoſera à un mouvement de rotation horizontal, autour de l'axe vertical N, ſera $\int \frac{\delta}{n} \cdot N\mu$, & le *momentum* total, autour de ce même axe, ſera, en nommant k la force RK, $(k \cdot NK - \int \frac{\delta}{n} \cdot N\mu)$; il eſt clair que, dès que cette quantité ſera poſitive, le corps tournera autour de ſon axe N; ainſi, ſi le corps eſt libre, & qu'il n'y ait aucun axe fixe, pour avoir le véritable axe, autour duquel le corps commencera à tourner, il faut, en faiſant varier le point N, déterminer ſa poſition, en ſuppoſant que la quantité $(k \cdot NK - \int \frac{\delta}{n} N\mu)$, eſt un *maximum;* car, par cette opération, l'on verra facilement que, pour ce point N, ainſi trouvé, la quantité $k \cdot NK - \int \frac{\delta}{n} N\mu$, commencera à avoir une valeur poſitive, dans le temps qu'elle ſera encore nulle, ou négative pour tous les autres points; ainſi, dès que la valeur de δ

(*) Cette force KR eſt une réſultante, qui n'eſt conſidérée ici que relativement à ſon *momentum;* il faut la ſuppoſer formée de différentes forces égales & oppoſées, qui, abſtraction faite du frottement, feroient tourner le corps horizontalement autour de ſon centre de gravité, qui répond au point P.

ſera ſuppoſé donnée, le reſte ne ſera plus qu'un probléme de Géométrie aſſez ſimple.

Nous ne nous arrêterons pas plus long-temps à cette remarque; parce que, dans les cas dont nous avons beſoin, ou la pointe d'un pivot eſt renfermée dans le fond conique d'une chappe, ou pénètre naturellement en s'enfonçant un peu dans l'intérieur d'un plan horizontal, l'axe du pivot devient néceſſairement l'axe de rotation; d'autant plus que le plan de contact eſt toujours plus petit que toutes les meſures ſenſibles, comme nous le verrons, Art. 81.

70. Si la Nature nous fourniſſoit des corps qui fuſſent parfaitement durs, ou dont les parties fuſſent réunies par une cohéſion infinie, ce ſeroit, ſans contredit, ceux qu'il faudroit choiſir pour fabriquer les chappes & les pivots; puiſque de pareils pivots auroient les diamètres de leur pointe infiniment petits ſans ſe rompre, & ſans pénétrer dans l'intérieur des chappes. Mais tous les moyens que nous pouvons employer, l'acier le plus ferme, & le mieux trempé, toutes les vitrifications, le diamant même, n'ont qu'un certain degré de cohéſion, qui cède pour une ſurface donnée à un poids donné. Ainſi, lorſqu'une ſurface peſante eſt équilibrée ſur la pointe d'un pivot, il faut que la ſurface de contact ſoit aſſez conſidérable pour que la cohéſion de toutes les parties de cette ſurface puiſſe réſiſter ſans rupture au poids qui la preſſe. Il faut par conſéquent, pour une peſanteur finie, que cette ſurface ſoit finie. Pour mieux faire entendre d'où peut provenir le frottement d'un pivot, ſuppoſons que les corps ſolides ſont formés d'une infinité de petits globules creux, remplis d'une matière fluide élaſtique; que tous ces globules ſont joints entr'eux, ainſi que les parties ſolides qui forment la ſurface de ces globules, par une adhérence dont la cauſe nous eſt inconnue; l'on verra que chacun de ces petits globules ne pourra ſupporter qu'un certain petit poids ſans ſe rompre. Ainſi, dès que la pointe d'un pivot ſera chargée par un plan peſant, il faut, (*Fig.* 21,) que la ſurface du cercle de contact, dont le diamètre eſt ab, ſoit aſſez grande pour que

le nombre des globules, qui forment cette ſurface, puiſſe ſupporter un poids donné; d'où il réſulte que lorſqu'on charge la pointe d'un pivot de différens poids, la ſurface de contact ſera proportionnelle au poids.

Si, au-lieu de ſuppoſer les corps formés d'une infinité de petits globules, on les ſuppoſoit formés d'une infinité de petits reſſorts, l'on trouveroit de même que chacun de ces petits reſſorts ne pourroit, ſans ſe rompre, ſupporter qu'un petit poids, & l'on en concluroit encore la ſurface de contact proportionnelle à la preſſion.

Il paroît donc probable que lorſqu'une ſurface très-dure eſt portée ſur la pointe d'un pivot, la ſurface de contact eſt proportionnelle à la preſſion totale : ainſi, cette preſſion eſt comme le quarré du diamètre.

Mais nous avons trouvé, Art. 68, que le *momentum* du frottement d'un plan peſant, ſur une ſurface circulaire, eſt en raiſon compoſée du diamètre & de la preſſion. Ainſi, comme ce diamètre eſt ici comme la racine du poids, nous trouverons le *momentum* du frottement des pivots proportionel à $P^{\frac{3}{2}}$.

71. Si nous voulons avoir une formule du *momentum* des frottemens, fondée ſur des hypothèſes encore plus générales, ſuppoſons que la pointe du pivot en C, ſur laquelle porte la ſurface A B, que nous conſidérons comme inflexible, ſoit un ſolide de révolution, (*Fig.* 22, n.° 1,) ſi la pointe de ce pivot Mcm eſt comprimée juſqu'en Mm, qui eſt le diamètre du cercle de contact, chaque point φ de la ſurface du pivot arrivera en μ, & la preſſion qu'éprouvera le point μ, ſera comme une fonction de l'ordonnée $\varphi\mu$, diſtante du point φ dans ſa ſituation naturelle à ſa ſituation forcée dans l'état de compreſſion. Le n.° 2 repréſente le cercle de contact, dont le diamètre eſt Mm.

Soit n.° 2 l'angle $MCM' = b$, $c\mu = x$, l'on aura, pour la preſſion de la petite ſurface élémentaire, $\mu\mu'\nu\nu'$, $fonct. (\varphi\mu) \cdot dxbx =$

iδ

fonct(CP-$q\varphi$) $bxdx$; mais, comme CM n'eſt qu'une petite portion de la ſurface (*), l'on aura, ſans erreur ſenſible, φq proportionnel à $(Cq)^2$, & CP proportionnel à $(CB)^2=(CM)^2$; ainſi, l'on aura, pour la preſſion élémentaire, *fonct* $\left(n'\left((CM)^2-x^2\right)\right) bxdx$, où n' eſt une quantité conſtante, dépendante de la courbure du point C: ſi, pour ſimplifier, nous ſuppoſons que la preſſion du point μ peut être repréſentée par une puiſſance m, de $(\varphi\mu)$, nous aurons, pour la preſſion élémentaire, $n'^m(cM^2-x^2)^m bxdx$; cette quantité, intégrée de manière qu'elle s'évanouiſſe, lorſque $x=0$, donnera, pour la totalité du cercle, $\frac{n'^m\,360^\circ}{2(m+1)}CM^{2(m+1)}$; quantité qui doit être égale à la preſſion totale P.

L'on aura de même, pour le *momentum* de la preſſion élémentaire, $n'^m(CM^2-x^2)^m bx^2dx$; quantité qui s'intégrera, ou exactement, ou par les quadratures, ſuivant la valeur de m; mais, ſans entrer dans le détail de cette intégration, il ſuit, de la marche du calcul intégral, & de la loi d'homogénéité, qui doit être obſervée entre les quantités intégrales & leurs différentielles, que l'on aura toujours le *momentum* de la preſſion du cercle entier, proportionnel à (**) $(CM)^{2(m+1)+1}$, & P proportionnel à $(CM)^{2(m+1)}$; ainſi, le *momentum* du frottement ſera proportionnel à $PP^{\frac{1}{2(m+1)}}$: ſi $m=0$, pour lors la preſſion ſera conſtante pour tous les points μ, & le *momentum* du frottement ſera proportionnel à $P^{\frac{3}{2}}$.

(*) *Voyez* Art. 81.

(**) La remarque que nous faiſons ici ſur l'homogénéité des quantités intégrales, & de leurs différentielles, évite ſouvent beaucoup de calcul dans les Problêmes qui ont rapport à la Phyſique; ainſi, l'intégrale de... $(x^m dx(a^\mu+na^{\mu-1}x+n'a^{\mu-2}x^2+x)^q)$, priſe lorſque $x=a$, nous donne .. $Ga^{m+1+\mu q}$, où G eſt une quantité conſtante, indépendante de la valeur de a, & où n & n' ſont des coefficiens conſtans de dimenſion nulle.

Si

Si $m = 1$, l'on aura le *momentum* de la pression proportionnel à $P^{\frac{1}{2}}$.

72. Enfin cette théorie aura toute l'étendue dont elle paroît susceptible, & elle deviendra applicable dans toutes les parties des Arts. Si nous continuons à supposer que la pointe du pivot est formée par un solide de révolution, & que ce pivot porte une chappe, dont la surface intérieure est aussi une surface de révolution; si nous supposons en outre que le fond de la chappe est compressible, de même que l'extrémité du pivot, & que le poids dont la chappe est chargée, est équilibré de manière que l'axe du pivot & l'axe de la chappe sont dans la ligne verticale, qui passe par le centre de gravité du poids. Formule générale du frottement des Pivots, & des Chappes flexibles.

Dans la *FIG.* 23, M C M représente la tête du pivot avant sa compression. M C' M' représente la tête de ce même pivot après la compression; $m\,c\,m'$ représente le fond de la chappe avant la compression; $m\,c'\,m'$ représente le fond de cette même chappe après la compression : il faut que la pointe du pivot, ainsi que le fond de la chappe, soient d'une matière très-dure, pour qu'on puisse simplifier le problême, & supposer que les parties comprimées C C' M & $c\,c'\,m$ sont terminées par de petites lignes courbes, qui peuvent, sans erreur sensible, être prises pour des arcs de cercle.

Si l'on tire les tangentes C B & C' B', $c\,b$ & $c'\,b'$ au sommet de toutes les surfaces courbes, & si l'on prend la ligne L q' parallèle à l'axe P c', qui coupe les tangentes aux points Q, Q', q, q', & les courbes aux points correspondans D, D', d, d'.

Il est clair que C M, C' M', ainsi que $c\,m$ & $c'\,m'$, étant supposés, à cause de la dureté du pivot & de la chappe, de très-petites portions de courbe. C C' & D D', $c\,c'$ & $d\,d'$ représenteront les compressions des points correspondans C & D, c & d.

Actuellement faisons $PM = a$, $PL = x$, le rayon de courbure en C, du pivot, avant sa compression, $= \frac{D}{2}$; le rayon de

courbure en C′, du pivot, après sa compreſſion, $= \frac{D'}{2}$; le rayon de courbure du fond de la chappe, en C, avant sa compreſſion, $= \frac{d}{2}$; le rayon de courbure de la même chappe, après sa compreſſion, $= \frac{d'}{2}$.

L'on voit d'abord qu'après la compreſſion, le fond de la chappe devant toucher l'extrémité du pivot ſur tous les points d'une partie de ſa ſurface, la courbe M′ C′ M eſt exactement la même que la courbe $m' c' m$, & qu'ainſi $D' = d'$.

L'on voit encore que, comme les petites portions de courbes, qui ſe touchent après la compreſſion, peuvent, à cauſe de la dureté du pivot & de la chappe, être priſes pour une naiſſance de courbe, l'on aura, ſans erreur ſenſible (*), $BM = \frac{aa}{D}$, $B'M = \frac{aa}{D'}$, $b'm = \frac{aa}{D'}$, $bm = \frac{aa}{d}$, $QD = \frac{xx}{D}$, $Q'D' = \frac{xx}{D'}$, $q'd' = \frac{xx}{D'}$, $qd = \frac{xx}{d}$; mais la compreſſion du point D eſt .... $DD' = BM - QD - D'L = (\frac{1}{D} - \frac{1}{D'})(aa - xx)$.

La compreſſion du point correſpondant d, du fond de la chappe, eſt $dd' = b'm - q'd' - dL' = (\frac{1}{D'} - \frac{1}{d})(aa - xx)$.

Actuellement la preſſion qu'éprouve un point quelconque D′, dépend de l'état de compreſſion, & par conſéquent peut s'exprimer par une fonction de la compreſſion : pour ſimplifier cette hypothèſe, ſuppoſons la preſſion du pivot comme une puiſſance m de la compreſſion, & la preſſion d'un point de la chappe, comme une puiſſance m' de la compreſſion, l'on aura, pour la preſſion du point D′, la quantité ...... $((\frac{1}{D} - \frac{1}{D'})(aa - xx))^m$; &, pour la preſſion du point correſpondant d' de la chappe, l'on aura $g^{m'}((\frac{1}{D'} - \frac{1}{d})(aa - xx))^{m'}$,

(*) Dans la Figure XXIII, l'on a repréſenté la chappe détachée verticalement au-deſſus de la tête du pivot, de manière que la ligne mm', extrémité du contact, qui doit ſe confondre avec la ligne MM, lorſque la chappe porte ſur la tête du pivot, ſe trouve ici faire une même ligne avec la tangente CB du pivot, avant ſa compreſſion.

où g eſt une quantité, qui dépend du rapport de la flexibilité de la chappe à celle du pivot.

Or, à cauſe que la preſſion eſt commune aux points correſpondans D′ & d', ces deux quantités doivent être égales, & donneront l'équation ....

$$\left(\left(\tfrac{1}{D}-\tfrac{1}{D'}\right)(aa-xx)\right)^{m}=g^{m'}\left(\left(\tfrac{1}{D'}-\tfrac{1}{d}\right)(aa-xx)\right)^{m'}.$$

Cette première égalité nous apprend une vérité intéreſſante, c'eſt que pour qu'elle ſubſiſte, il faut que $m=m'$, puiſqu'elle doit avoir lieu pour tous les points de contact; ainſi, lorſque la preſſion ne ſera pas exprimée, pour la chappe & pour le pivot, par la même puiſſance m, la chappe ne touchera le pivot que par parties, & le contact ne ſera pas continu.

Mais, dès que l'on ſe ſera ſervi de deux matières homogènes, pour lors $m=m'$, & l'on a tout de ſuite .... $\left(\tfrac{1}{D}-\tfrac{1}{D'}\right)=g\left(\tfrac{1}{D'}-\tfrac{1}{d}\right)$, d'où l'on tire $\tfrac{1}{D'}=\frac{\left(\frac{1}{D}+\frac{g}{d}\right)}{g+1}$; d'où il ſuit que la courbure, produite par la compreſſion, eſt indépendante de la puiſſance m.

Si nous ſubſtituons cette valeur $\tfrac{1}{D'}$, dans la formule.... $\left(\left(\tfrac{1}{D}-\tfrac{1}{D'}\right)(aa-xx)\right)^{m}$, qui exprime la preſſion du point D′, l'on aura $\left(\frac{\left(\frac{g}{D}-\frac{g}{d}\right)}{g+1}(aa-xx)\right)^{m}$.

Nous voici actuellement à même de déterminer la preſſion totale, & le *momentum* des frottemens, qui eſt la partie intéreſſante de notre recherche.

Comme nous avons ſuppoſé ici que la partie M′CM comprimée, n'eſt qu'une petite portion de courbe, nous pouvons, ſans erreur ſenſible, ſuppoſer que la ſurface engendrée par la révolution de CDM, autour de l'axe CP, ou, ce qui revient au même, que la ſurface du pivot, eſt égale à la ſurface du cercle, dont MM′ eſt le diamètre; d'après cette ſuppoſition,

nous aurons, pour la preſſion d'une zone, dont $x = CQ$ eſt le rayon, & dx la largeur, la quantité .... $360^\circ \left(\frac{\left(\frac{g}{D} - \frac{g}{d}\right)}{g+1}(aa - xx)\right)^m x\,dx$; en intégrant, l'on aura, pour la ſurface entière du cercle, dont $PM = a$ eſt le rayon, $360^\circ \left(\frac{\left(\frac{g}{D} - \frac{g}{d}\right)}{g+1}\right)^m \frac{a^{2(m+1)}}{2(m+1)}$; quantité qui doit être égale à la preſſion entière, ou au poids P, dont on ſuppoſe la chappe chargée: pour avoir le *momentum* de la preſſion, il faudra multiplier la preſſion élémentaire par x; ce qui donnera $(360)^\circ \left(\frac{\frac{g}{D} - \frac{g}{d}}{g+1}\right)^m (aa - xx)^m x^2 dx$: cette équation eſt intégrable exactement toutes les fois que m eſt un nombre entier; ainſi, dans le cas de la parfaite élaſticité, où l'on ſuppoſeroit la preſſion proportionnelle à la compreſſion, l'on auroit $m = 1$; ce qui donneroit, pour le *momentum* de la preſſion totale, $\frac{2}{15}\,(360)^\circ \left(\frac{g}{g+1}\right)\left(\frac{1}{D} - \frac{1}{d}\right) a^5$; mais, dans cette ſuppoſition, $P = \frac{1}{4}\,(360)^\circ\,\frac{g}{g+1}\left(\frac{1}{D} - \frac{1}{d}\right) a^4$, d'où l'on tire le *momentum* de la preſſion $= \frac{2}{15}\,\frac{(4P)^{\frac{5}{4}}}{\left(360^\circ\,\frac{g}{g+1}\left(\frac{1}{D} - \frac{1}{d}\right)\right)^{\frac{1}{4}}}$; &, ſi $\frac{1}{f}$ exprime le rapport du frottement à la preſſion, il ſuffira de diviſer cette quantité par f, pour avoir le *momentum* du frottement. En ſuivant la marche de l'article précédent, nous trouverons, ſans entrer dans le détail de l'intégration, en nommant $N = 360^\circ \left(\frac{g}{g+1}\right)^m \left(\frac{1}{D} - \frac{1}{d}\right)^m$, que puiſque la preſſion de la zone eſt $N\,(aa - xx)^m x\,dx$, & le *momentum* élémentaire de la preſſion de cette même zone, eſt $N\,(aa - xx)^m x^2 dx$, l'on aura, pour l'intégrale de la preſſion, lorſque $x = a$, la quantité $G N a^{2(m+1)}$; &, pour l'intégrale du *momentum*, $G' N a^{2(m+1)+1}$, où G & G′ ſont des fonctions de m, indépendantes de a & N; ainſi, puiſque $G N a^{2(m+1)} = P$, nous aurons $\frac{G'}{G} P a$ pour le *momentum* total de la preſſion, ou

$\frac{G'}{G} P \left(\frac{P}{GN}\right)^{\frac{1}{2(m+1)}}$; ainsi, en substituant la valeur de N, l'on aura le *momentum* de la pression, & par conséquent le *momentum* du frottement, proportionnel à ....

$$\frac{P^{\frac{(2m+3)}{(2m+2)}}}{\left(\left(\frac{g}{g+1}\right)\left(\frac{1}{D}-\frac{1}{d}\right)\right)^{\frac{m}{2(m+1)}}}.$$

Si $m=0$, l'on retrouve cette quantité $=P^{\frac{3}{2}}$, comme dans l'article 70.

Lorsqu'on se sert des mêmes chappes & des mêmes pivots, l'on doit trouver le *momentum* du frottement augmentant avec le poids, & proportionnel à $P^{\frac{2m+3}{2m+2}}$.

Cette quantité diminuera, tout étant d'ailleurs égal, à mesure que $\left(\frac{1}{D}-\frac{1}{d}\right)$ augmentera; c'est-à-dire, à mesure que l'on augmentera la courbure de l'extrémité du pivot, & qu'on applatira, ou qu'on diminuera la courbure du fond de la chappe; d'où résulte cette pratique usitée, lorsque l'on a besoin de faire tourner de très-grosses masses autour d'un axe vertical, c'est de présenter une surface convexe à l'extrémité convexe du pivot, parce qu'alors $\left(\frac{1}{D}-\frac{1}{d}\right)$ devient $\left(\frac{1}{D}+\frac{1}{d}\right)$.

Enfin le *momentum* du frottement diminuera à mesure que la quantité g augmentera; c'est-à-dire, à mesure que la dureté du fond de la chappe augmentera, celle du pivot étant donnée: si, au-lieu de supposer la pression d'un point D, du pivot, $=(DD')^m$, l'on avoit supposé cette pression $=(\delta \cdot DD')^m \delta$ augmentant avec la dureté du pivot, nous aurions, dans la formule qui exprime le *momentum* du frottement, $\left(\frac{g\delta}{\delta+g}\right)$, à la place de $g:(g+1)$: or, comme le *momentum* du frottement diminue à mesure que cette quantité

augmente, & que cette quantité augmente à mesure que g & δ sont plus grands, il s'ensuit que plus la dureté, ou l'inflexibilité du pivot & de la chappe, seront grandes, plus le *momentum* du frottement diminuera; il deviendra nul, lorsque g & δ seront infinis.

73. Remarque. Lorsque la chappe est portée par une Aiguille très-fine, si la pointe de cette Aiguille est fortement trempée, & qu'elle soit beaucoup plus dure que le fond de la chappe, pour lors il pourra arriver qu'elle pénétrera dans l'intérieur de la chappe, dont elle divisera les parties; la théorie précédente ne peut pas s'appliquer à ce cas.

Dans la Figure XXIV, MCm représente la pointe du pivot qui a divisé les parties de la chappe; soit le petit angle mCM $= 2$A; soit PM $= a$ l'éloignement du point M, de sa situation naturelle, lorsqu'il est en P, à sa situation comprimée, lorsqu'il est parvenu en m; soit P'D $= x$, qui exprime la compression du point D.

La pression sur la partie CM, dépendra des compressions PM & pD, des points D & M; supposons que cette pression soit comme une puissance m de la compression, l'on aura, pour la pression DQ, qu'éprouve le point D perpendiculairement à CM, sa valeur $(g\text{P}'\text{D})^m$, ou $(gx)^m$: décomposons cette force en deux autres, l'une verticale DO, & l'autre horizontale OQ, la similitude des triangles nous donnera la force verticale DO $= (gx)^m \frac{\text{sin A}}{\text{rayon}}$; si la pointe du pivot pouvoit pénétrer dans l'intérieur de la chappe, sans éprouver de frottement, il faudroit, en conséquence des principes de Statique, que nous avons rapportés au commencement de ce Chapitre, que la somme des forces verticales $(gx)^m \frac{\text{sin A}}{\text{rayon}}$ fût égale à la pesanteur de la chappe, & du poids dont elle seroit chargée.

Mais la pression DQ engendre un frottement, & le pivot ne peut pas percer le solide de la chappe, sans vaincre ce

frottement, qui ſera proportionnel à DQ, & empêchera le pivot de gliſſer le long de CM.

Si $(\frac{1}{f})$ exprime le rapport de la preſſion au frottement, $\frac{(gx)^m}{f}$ ſera le frottement qui agit, en D, le long de CM, pour empêcher la pointe du pivot de pénétrer dans la ſolidité de la chappe; décompoſons cette nouvelle force en une force verticale & une force horizontale, nous aurons, pour la force verticale, $\left(\frac{(gx)^m}{f} \cdot \frac{\text{coſ}\,A}{\text{rayon}}\right)$; ainſi, la réaction du frottement & de la preſſion, pour ſoutenir le poids de la chappe, ſera, en D, $(gx)^m \left(\frac{\text{ſin}\,A}{\text{rayon}} + \frac{\text{coſ}\,A}{f\,\text{rayon}}\right)$: cette réaction, étant multipliée par la petite zone circulaire de la ſurface du pivot, dont pD ou x eſt le rayon, & $dx\,\frac{\text{rayon}}{\text{ſin}\,A}$ la largeur, donne, pour la preſſion verticale de cette petite zone, $g^m\, 360^\circ \frac{\text{rayon}}{\text{ſin}\,A} \left(\frac{\text{ſin}\,A}{\text{rayon}} + \frac{\text{coſ}\,A}{f\,\text{rayon}}\right) x^{m+1} dx$, & cette quantité, intégrée pour toute la ſurface du pivot, donne, en faiſant $x = a$, $g^m (360)^\circ \frac{\text{rayon}}{\text{ſin}\,A} \left(\frac{\text{ſin}\,A}{\text{rayon}} + \frac{\text{coſ}\,A}{f\,\text{rayon}}\right) \frac{a^{m+2}}{m+2} = P$.

D'un autre côté, ſi la preſſion du point D, que nous avons trouvé $(gx)^m$, eſt multipliée par $\frac{dx\,\text{rayon}}{\text{ſin}\,A}$, largeur de la zone, & par ſa circonférence $360^\circ\, x$, l'on aura $\frac{g^m}{f}\, 360^\circ \frac{\text{rayon}}{\text{ſin}\,A}\, x^{m+2}\, dx$ pour le *momentum* du frottement de cette zone; intégrant cette quantité, en ſuppoſant $x = a$, l'on aura encore ..... $\frac{g^m}{f}\, 360^\circ \frac{\text{rayon}}{\text{ſin}\,A} \cdot \frac{a^{m+3}}{m+3}$; &, puiſque nous venons de voir que $P = g^m\, 360^\circ \frac{\text{rayon}}{\text{ſin}\,A} \left(\frac{\text{ſin}\,A}{\text{rayon}} + \frac{\text{coſ}\,A}{f\,\text{rayon}}\right) \frac{a^{m+2}}{m+2}$, il réſulte, pour le *momentum* total du frottement, ...
$\frac{1}{f(m+3)} \left(\frac{\text{ſin}\,A}{360^\circ\, g^m\, \text{rayon}}\right)^{\frac{1}{m+2}} \left(\frac{(m+2)\,P\,\text{rayon}}{\text{ſin}\,A + \frac{\text{coſ}\,A}{f}}\right)^{\frac{m+3}{m+2}}$; lorſque le pivot ſera très-aigu, pour lors l'angle A étant très-petit, l'on aura, pour le *momentum* du frottement, $\frac{1}{m+3} \left(\frac{\text{ſin}\,A\,f}{360^\circ g^m\,\text{ray.}}\right)^{\frac{1}{m+2}} ((m+2)P)^{\frac{m+3}{m+2}}$;

cette quantité diminuant à mesure que *sin* A diminue, il s'ensuit que les pivots les plus aigus seroient les meilleurs ; ce qui seroit effectivement vrai, si l'on pouvoit leur donner une force suffisante pour supporter le poids de la chappe, sans se plier.

Il est facile de prévoir tous les inconvéniens qui résultent, dans la pratique, d'un pivot très-fin, qui perce la partie solide de la chappe : car, quoiqu'on suppose d'abord cette chappe soutenue par la pression latérale de ses parties divisées, le moindre mouvement oscillatoire aura bientôt usé, par le frottement, les parties latérales comprimées, & pour lors il faut que la tête du pivot, ou s'arrondisse ou se plie, pour supporter seule tout le poids : le cas où la tête du pivot vient à s'arrondir, rentre dans le cas de l'Article qui précède : celui où les extrémités du pivot se plie, donne un frottement très-considérable, parce que la chappe porte alors, non pas sur un point, mais sur une petite ligne, & le frottement augmentera par conséquent à proportion que la longueur de cette ligne augmentera. S'il y a quelques inégalités dans le fond de la chappe, l'extrémité courbée du pivot y pénétrera, ou obliquement, ou horizontalement, & l'on ne poura plus absolument compter sur la direction de la Boussole.

Mais, avant d'entrer dans des discussions relatives à la pratique, sur la force & sur la figure des pivots, nous allons rapporter quelques Expériences, que nous comparerons avec la théorie.

Expérience sur le frottement des pivots.

74. L'on a pris, *Fig.* 25, n.os 1 & 2, une Aiguille de Boussole, percée à son centre de gravité, d'un trou C, n.° 2 ; l'on a collé (n.° 1,) à 3 ou 4 l. au-dessus de ce trou, une petite lame de verre très-polie ; cette lame se trouvoit séparée de l'Aiguille, par le moyen de deux petits poteaux de bois *i* & *l*, collés à la Boussole & à la lame. Cette Boussole pesoit, tout compris, 150 gr. la lame de verre & les petits morceaux de bois pesoient ensemble

9 grains ;

9 grains; l'Aiguille avoit dix pouces de longueur & faisoit 10 oscillations en 60″.

L'on posoit cette Aiguille horizontalement sur la pointe d'un pivot d'acier très-dur, (n.° 1,) il falloit tâtonner pour trouver le point d'équilibre; mais, comme le centre de gravité est beaucoup plus bas que le point de suspension, l'on en venoit facilement à bout: lorsque l'Aiguille se trouvoit un peu inclinée, avec du sable que l'on répandoit sur l'extrémité la plus légère, on la rétablissoit bientôt dans la position horizontale.

Cette Aiguille étant exactement fermée dans une boîte; l'on cherchoit, en lui présentant de loin le pole d'une autre Aiguille, les limites de son champ d'indifférence, ou l'angle formé entre toutes les directions *cà*, qu'elle pouvoit prendre, sans que sa force aimantaire & directrice la ramena à son véritable Méridien: il est évident que l'angle d'indifférence *a c b* étoit proportionel au frottement.

1.er Essai. La Boussole suspendue librement sur son pivot, a donné l'angle *acb* de 8 ou 10′.

2.me Essai. La Boussole chargée de deux petites plaques de cuivre, pesant ensemble 300 grains, a donné l'angle *acb* de 30′.

3.me Essai. La Boussole chargée de 600 grains, a donné l'angle *acb* de 60′.

4.me Essai. La Boussole chargée de 1200 grains, a donné l'angle *acb* de 3° 15′.

5.me Essai. La Boussole chargée de 1800 grains, a donné l'angle *acb* de 5°.

Résultat de cette Expérience.

Dans tous ces Essais, l'Aiguille est toujours suspendue horizontalement placée sur la pointe du même pivot, soutenue par un plan très-poli, & que l'on peut regarder, à cause de

ſa grande dureté, comme impénétrable à l'acier. Le fond d'une chappe, ſes inégalités & ſes courbures, ne pouvoient point influer ici ſur l'augmentation du frottement : ainſi, les erreurs de la Bouſſole meſurées par le champ d'indifférence, ne pouvoient être occaſionnées que par le frottement horizontal de la plaque de verre ſur la pointe d'un pivot : ſi nous ſuppoſons actuellement, que le *momentum* du frottement ſoit comme une puiſſance n de la peſanteur, ou plutôt de la compreſſion, nous trouverons, en négligeant le premier Eſſai, dont il eſt difficile, à cauſe de la petiteſſe de l'angle $a\,cb$, d'avoir une meſure juſte, & en comparant enſuite le deuxieme Eſſai avec tous les autres, qu'il réſulte du deuxieme & troiſieme Eſſais, $(450)^n : (750)^n :: 30' : 60'$, d'où $n = 1,357$.

Le 2.me & 4.me Eſſai donnent $n = 1,703$.

Le 2.me & le 5.me Eſſai donnent $n = 1,571$.

En prenant une valeur moyenne, l'on trouvera $n = 1,544$; d'où il paroît réſulter, que le *momentum* du frottement eſt à-peu-près proportionnel à $P^{\frac{3}{2}}$, comme la théorie (de l'Article 70) ſembloit nous l'indiquer; d'où il réſulte par conſéquent, que lorſque la pointe d'un pivot eſt comprimée par un plan impénétrable, tous les points du cercle de contact éprouvent à-peu-près une preſſion égale.

Nous avons fait un très-grand nombre d'Expériences, en ſuſpendant, comme dans les Eſſais qui précèdent, les Aiguilles aimantées par le moyen de plaques de verre, d'agate, de cuivre jaune, & de différentes compoſitions, & nous avons toujours trouvé des réſultats analogues à ceux que nous venons de détailler.

Lorſque les pivots ſervoient depuis long-temps, & que leur pointe étoit uſée, l'on trouvoit aſſez exactement, que le *momentum* des frottemens, étoit proportionnel aux preſſions.

Les meilleures chappes que nous ayons pu nous procurer, nous ont donné les frottemens proportionels à $P^{\frac{1}{2}}$; mais la moindre inclinaiſon dans la poſition de la Bouſſole, & les petites courbures, qui ſe trouvent dans le fond de ces chappes, produit le plus ſouvent, dans le réſultat des Expériences, des inégalités dont aucune hypothèſe ne peut rendre raiſon.

Comparaiſon du momentum *des forces magnétiques, avec le* momentum *du frottement des pivots.*

75. Nous avons juſqu'ici tâché de développer tous les élémens qui produiſent la direction des Aiguilles; nous nous ſommes auſſi attaché à déterminer les forces coërcitives, qui peuvent produire des erreurs dans cette direction. En comparant actuellement les forces coërcitives avec la force magnétique, il ſera facile de nous déterminer ſur le choix des lames que nous devons employer pour former des Bouſſoles, ſuivant les différens uſages auxquels nous pouvons les deſtiner.

On trouve (Art. 6,) que (B—S) ou l'angle d'erreur d'une Aiguille magnétique, pouvoit être repréſenté par $\frac{R}{\int(\varphi . \mu . c\mu)}$, & par conſéquent, pour diminuer cette erreur autant qu'il eſt poſſible, il falloit que cette quantité fût un *minimum*.

Mais nous avons trouvé, Art. 37, $\int\varphi \cdot \mu \cdot c\mu = \frac{\pi L E l . l^2}{(m L^{\frac{1}{2}} E + n l)^2}$; nous trouvons, par les Articles précédens, que le *momentum* du frottement d'un pivot, doit être proportionnel à une puiſſance de la preſſion, & ſi nous nommons cette puiſſance λ, l'Experience nous a appris qu'elle étoit à-peu-près égale à $\frac{3}{2}$.

Ainſi, ſi nous ſuppoſons, en conſervant les mêmes lettres, qu'une roſe de Bouſſole marine, dont la peſanteur eſt (2 g A) ſoit équilibrée horizontalement ſur la pointe d'un pivot, & dirigée par une lame aimantée d'une épaiſſeur & d'une largeur uniforme dans toute ſa longueur, nous trouverons, en nom-

mant $LEl = M$, que $\frac{R}{\int \varphi \mu c \mu} = B \, \frac{2g(A+M)^{\lambda}}{\pi M l^2} \left(m L^{\frac{1}{2}} E + nl\right)^2$; B étant un coefficient conſtant, en ſubſtituant, à la place de $L^{\frac{1}{2}} E$, ſa valeur $M : L^{\frac{1}{2}} l$, l'on aura, pour le *minimum*, ... $d\left(\frac{(A+M)^{\lambda}}{M}\left(\frac{mM}{L^{\frac{1}{2}} l^2} + n\right)^2\right) = 0$; ce qui donne, en faiſant varier M, $\frac{\lambda dM}{A+M} - \frac{dM}{M} + \frac{\frac{2m}{L^{\frac{1}{2}} l^2} dM}{\frac{m}{L^{\frac{1}{2}} l^2} M + n} = 0$; équation du ſecond degré, d'où il eſt facile de tirer la valeur de M.

Il eſt inutile de faire varier L & l, parce qu'on voit tout de ſuite, que M reſtant conſtant, il faut augmenter ces quantités à l'infini, ou au moins autant que la nature & la ſolidité de l'acier peuvent le permettre.

Les quantités L & l étant données, l'équation précédente donnera l'épaiſſeur de la lame.

76. L'on déterminera facilement, par le même procédé, la longueur d'une lame dont les autres dimenſions ſeroient données, dans l'équation $\frac{(A+M)^{\lambda}}{M}\left(\frac{mM}{L^{\frac{1}{2}} l^2} + n\right)$; ſubſtituant, à la place de M, ſa valeur δl, ou $\delta = LE$, quantité ici conſtante, par hypothèſe, & nous aurons .... $d \frac{(A+\delta l)^{\lambda}}{\delta l^3}\left(\frac{m\delta}{L^{\frac{1}{2}}} + nl\right)^2 = 0$, ou $\frac{\lambda \delta}{A + \delta l} - \frac{3}{l} + \frac{2n}{\frac{m\delta}{L^{\frac{1}{2}}} + nl} = 0$; équation du ſecond degré, d'où l'on tirera la valeur de l.

77. Si l'on ſuppoſe, dans la formule de l'Article précédent, que l'Aiguille n'eſt chargée d'aucun poids, pour lors l'on aura

$A=0$, & l'équation ſe réduit à $(\lambda-3)+\frac{2nl}{\frac{m\delta}{L^{\frac{1}{2}}}+nl}=0$; d'où $l=\frac{(3-\lambda)}{\lambda-1}\cdot\frac{mEL^{\frac{1}{2}}}{n}$.

Exemple.

Nous avons trouvé, premiere Expérience, Art. 26, qu'une lame de 12 pouces de longueur & peſant (288) grains, faiſoit, lorſqu'elle étoit réduite à 4 pouces de longueur, 20 oſcillations en 80″. Nous avons vu qu'une diminution de 4 pouces dans la longueur de cette lame, produiſoit une diminution de 49″ dans le temps des oſcillations: or, comme $T=(mEL^{\frac{1}{2}}+nl)$, l'on aura, pour une Aiguille de 4 pouces de longueur, $nl=49''$; &, comme $T=80''$, l'on aura encore $mEL^{\frac{1}{2}}=31''$; ſubſtituant ces valeurs dans la formule .... $l=(\frac{3-\lambda}{\lambda-1})\frac{m}{n}EL^{\frac{1}{2}}$, nous trouverons $l=(\frac{3-\lambda}{\lambda-1})\cdot\frac{31''}{49}\cdot 4$ pouc. &, ſi nous ſuppoſons $\lambda=\frac{3}{2}$, comme l'Expérience nous l'a appris, nous aurons $l=\frac{31''}{49}\times 3\cdot 4$ pouc. $=7\cdot\frac{59}{100}$ pouc.

Remarque. De la formule $l=\frac{(3-\lambda)}{\lambda-1}\cdot\frac{m}{n}EL^{\frac{1}{2}}$, l'on en conclut que l diminuera à meſure que $EL^{\frac{1}{2}}$ diminuera; c'eſt-à-dire, que la longueur des Aiguilles doit être diminuée à meſure qu'elles ſeront plus légères; c'eſt ce que la pratique avoit déjà indiqué.

77. Les queſtions dont on pourroit avoir beſoin, dans le genre des deux Articles précédens, ſont trop faciles à réſoudre, pour qu'il paroiſſe néceſſaire de s'y arrêter plus long-tems. Nous allons terminer cette théorie par deux petits problêmes, qui ſeront ſouvent d'uſage dans la compoſition des Bouſſoles formées avec pluſieurs Aiguilles aimantées.

Nous avons vu, dans la théorie du magnétiſme, que les lames les plus légeres, étoient celles qui, proportion gardée, s'aimantoient le plus fortement. Nous avons vu (Art. 61 &

62,) qu'une Aiguille équilibrée sur un plan horizontal, avoit toujours le même *momentum*, pour se rétablir dans la direction de son Méridien magnétique : d'où il est facile de voir qu'une Boussole, formée de plusieurs lames parallèles & séparées, a plus de force pour se diriger suivant son Méridien, qu'une seule lame qui auroit le même poids que toutes les lames réunies : ces considérations nous présente ces deux Problêmes.

78. Problême. La pesanteur de la rose d'une Boussole marine, étant donnée, ainsi que toutes les dimensions des lames magnétiques que l'on veut employer, de combien de lames la Boussole doit-elle être composée, pour qu'elle s'approche le plus qu'il est possible de son Méridien magnétique.

Que $2gA$ soit, comme plus haut, le poids de la rose, & $2gM$, le poids d'une des Aiguilles données, soit k, le nombre des Aiguilles, le *momentum* de la pression, & conséquemment du frottement, sera comme $(A+kM)^\lambda$: mais le *momentum* de la force aimantaire exprimé pour chaque lame par $\int\varphi\mu r$, donnera, à cause de l'égalité des lames, pour le *momentum* de la force aimantaire, $k\int\varphi\mu r$: ainsi, l'angle d'erreur sera $(A+kM)^\lambda : k\int\varphi\mu r$; quantité qu'il faut différencier, en faisant seulement k variable; ce qui donne, pour la condition du Problême, $k=\frac{A}{\lambda-1 \cdot M}$; &, si $\lambda=\frac{3}{2}$, comme l'Expérience nous l'a appris, $k=\frac{2A}{M}$: ainsi, il faudroit, par exemple, 4 lames de 100 grains, pour une rose qui peseroit 200 grains.

78. Problême. Le nombre k des lames étant donné, ainsi que leur longueur & leur largeur, déterminer l'épaisseur ou le le poids de ces lames.

L'on a encore ici l'équation générale $(A+kM)^\lambda : k\cdot\int\varphi\mu c\mu$, ou $\frac{(A+kM)^\lambda}{kM}\left(\frac{m}{L^{\frac{1}{2}}l^2}M+n\right)^2$; cette équation différenciée, en faisant seulement M variable, donne $\frac{\lambda k}{A+kM}-\frac{1}{M}+\frac{\frac{2m}{L^{\frac{1}{2}}l^2}}{\frac{m}{L^{\frac{1}{2}}l^2}M+n}=0$;

équation du ſecond degré, d'où il réſulte, en faiſant $\frac{2m}{L^{\frac{1}{2}} l^2} = m'$:
La formule réduite, ...

$$M = -\left(\frac{(\lambda-1)nk + m'A}{2(\lambda+1)m'k}\right) + \left(\left(\frac{(\lambda-1)nk + m'A}{2(\lambda+1)m'k}\right)^2 + \frac{nA}{(\lambda-1)m'k}\right)^{\frac{1}{2}}.$$

Nous croyons avoir raſſemblé, dans ce Chapitre, la plus grande partie des principes qui peuvent nous diriger dans la conſtruction des Bouſſoles propres au ſervice de la Marine. Nous allons le terminer par quelques Remarques relatives, ſoit à la théorie, ſoit à la pratique, qui n'ont pu trouver encore leur place.

78. 1.re Remarque. Si l'on coupe en deux parties, au point B, une lame N S (*Fig.* 26, n° 1,) aimantée à ſaturité, dont N eſt l'extrémité boréale, & S l'extrémité auſtrale, & dont le centre aimantaire eſt placé à-peu-près au milieu de la lame; après la ſéparation, l'extrémité B de la partie NB ſera le pole auſtral, & l'extrémité N conſervera ſa force boréale : l'extrémité B de la partie S B aura une force boréale, l'extrémité S conſervera ſa force auſtrale; chacune de ces parties prendra un centre aimantaire en C & C′.

Si, au lieu d'être diviſée en deux parties, cette même lame eſt ſeulement percée d'un trou B (*Fig.* 26, n° 2,) pour lors les deux extrémités ſont en parties ſéparées, & cette lame doit avoir deux centres aimantaires, comme la précédente.

Cette multiplication de poles, a fait croire qu'une lame ainſi percée, devoit perdre en partie ſa force directrice, & qu'elle étoit peu propre à indiquer les déclinaiſons. Voici ce que l'Expérience donne à ce ſujet.

Lorſqu'une lame a été percée à ſon centre, d'un trou dont le diamètre n'excédoit pas la moitié de la largeur de la lame, elle a eu ſenſiblement la même force de direction qu'avant d'être percée; c'eſt ce dont il eſt facile de ſe convaincre, en faiſant oſciller cette lame aimantée à ſaturité, & ſuſpendue

horizontalement. L'on trouvera que, dans les deux cas ; elle donne ſenſiblement le même nombre d'oſcillations pour le même tems.

Lorſque le trou de la lame eſt preſque égal à ſa largeur, on trouve pour lors que le *momentmm* magnétique de cette lame, eſt égal à la ſomme des *momentum* magnétiques de deux autres lames qui n'auroient que la moitié de la longueur de la premiere: c'eſt ce qui eſt auſſi conforme à la théorie que nous avons expliqué (Art. 61 & 62 ;) ainſi, lorſque la lame eſt très-légère, comme pour lors ſon *momentum* magnétique eſt à-peu-près égal à une quantité conſtante, multipliée par ſa longueur ; que la lame, dans ce cas, ſoit percée, ou qu'elle ne le ſoit pas, l'on aura toujours à-peu-près le même *momentum.*

79. 2.me Remarque. Après tout ce que nous avons dit ſur la communication du magnétiſme, nous n'avons pas cru qu'il fût néceſſaire de faire des recherches ſur les différentes formes, ſoit rectilignes, ſoit courbes, que l'on peut donner aux lames aimantées, il eſt facile de prévoir tout ce qu'on peut eſpérer de ces variations.

Les Aiguilles en flèches, de la forme tracée à la Fig. 25, donnent, à peſanteur & épaiſſeur égales, le même rapport entre le *momentum* magnétique & le *momentum* du frottement, & produiſent par conſéquent à-peu-près les mêmes erreurs que les lames d'une largeur uniforme ; l'on obſerve cependant, que les lames legères, d'une largeur uniforme, ont de l'avantage ſur les lames taillées en flèche, & que lorſque les lames ſont peſantes, celles-ci ont de l'avantage ſur les premieres: la théorie fait prévoir ce réſultat, l'expérience le confirme.

Les Aiguilles, telle que la Fig. 25, dont on eſt aſſez dans l'uſage de ſe ſervir pour les obſervations que l'ont fait ſur terre, ſont le plus ſouvent plus épaiſſes vers leurs extrémités, que dans les autres parties: cette pratique paroît déſavantageuſe ;

l'on

l'on concevra facilement qu'il vaut mieux, en conſervant le même poids, élargir l'extrémité, & en diminuer l'épaiſſeur, pour que les parties exercent, les unes ſur les autres, leur action magnétique à une plus grande diſtance, & conſervent par conſéquent un plus grand degré de magnétiſme.

80. 3.me Remarque. Nous avons dit plus haut, qu'il y avoit toujours de l'avantage à compoſer les Bouſſoles de pluſieurs lames légères : la théorie du magnétiſme ne laiſſe aucun doute ſur cet article. Plus on multipliera les lames, en les rendant légères à proportion, plus la force de direction de la Bouſſole aura d'avantage ſur le frottement. Dans la conſtruction des compas de navigation, où l'on ne peut guères donner plus de ſix pouces de longueur aux Aiguilles magnétiques, des lames de 50 à 60 grains rempliſſent aſſez bien tous les uſages auxquels ces Bouſſoles ſont deſtinées: l'on détermine le nombre des lames par la formule (Art. 78.) Ces lames calibrées exactement ſuivant les mêmes dimenſions, ſe poſent de champ, à égales diſtances du point de ſuſpenſion, eſpacées à quatre ou cinq lignes de diſtance l'une de l'autre, pour que leur action réciproque ne détruiſe pas le magnétiſme (*). Elles doivent être bien droites & fixées invariablement à la roſe qu'elles dirigent: la roſe & la chappe ſeront auſſi légères qu'il ſera poſſible. Les chappes bien centrées & tournées avec ſoin, doivent former dans leur concavité un cone plutôt obtus qu'aigu: la plupart des chappes, quoiqu'elles paroiſſent à l'œil aſſez bien centrées & exactement polies, ont, dans leur concavité,

(*) Lorſque pluſieurs lames ſont fixées au plan de la roſe, leur action réciproque ne peut point influer ſur la poſition du plan de cette roſe, à cauſe de l'égalité de l'action & de la réaction ; cependant cette action réciproque, pouvant diminuer plus ou moins le magnétiſme des parties de chaque lame, il peut ſe faire un changement de poſition dans la réſultante des forces magnétiques de chaque lame ; mais il ſera toujours facile de trouver la réſultante commune de toutes les Aiguilles fixées à la roſe, en renverſant cette roſe, & pratiquant les mêmes opérations que nous avons indiquées (art. 63,) pour une ſeule lame.

des inégalités & des petits enfoncemens qui s'engrainent avec la pointe du pivot ; de sorte qu'il y a des positions où le centre de gravité de la charge se trouve plus bas que dans les autres : arrivée à cette situation, la chappe ne peut pas tourner horizontalement, son axe restant vertical, sans que ces inégalités venant à se dégager, le centre de gravité de cette chappe & de la masse qui y est fixée, ne se soulève.

Ainsi, une Boussole portée par une pareille chappe & équilibrée horizontalement sur la pointe d'un pivot, se trouve en même-tems sollicitée par la force aimantaire, & par sa pesanteur, qui engrainant les inégalités du fond de la chappe avec celles de la pointe du pivot, tend à lui faire prendre la position où le centre de gravité est le plus bas : la patience & l'habileté de l'Artiste, peut seule nous fournir des chappes exactes ; mais l'Observateur peut aussi, par différens essais, en reconnoître les défauts. Voici un moyen qui m'a assez bien réussi.

L'on suspend de champ avec des soies une lame aimantée, comme nous l'avons indiqué plus haut ; par-là, on détermine facilement le Méridien magnétique. On trace également ce Méridien sur la largeur de la lame, en la suspendant de maniere que sa largeur soit dans un plan horizontal, & en la renversant ensuite sur l'autre face, comme nous l'avons expliqué, (Art. 63.)

Nous prenons actuellement (*Fig.* 27,) une petite régle de bois A B fort légère, garnie en C de la chappe que nous voulons éprouver. Nous posons à un point quelconque *g*, une lame S N aimantée à saturité, dont nous connoissons le Méridien magnétique : nous équilibrons le tout bien horizontalement, par le moyen d'un contrepoids P, qui peut glisser le long de C B, & avec un peu de sable que l'on répand légèrement sur les parties qui paroissent se soulever.

Si la chappe est parfaitement centrée, si son axe se trouve vertical, le petit plan de contact du pivot & du fond de la

chappe, ſera un petit cercle horizontal, & la direction de l'Aiguille ſera uniquement déterminée par la force aimantaire : l'on fera diſparoître l'erreur que peut occaſionner le frottement, en frappant légèrement & rapidement ſur la table où eſt fixé le pivot ; ce qui produit, dans les parties élaſtiques de cette table, un mouvement d'oſcillation rapide, qui fait monter & deſcendre le pivot. Pendant le tems que le pivot deſcend, l'on conçoit qu'il ſe détache en partie du fond de la chappe, & que pendant ce tems, la preſſion & conſéquemment le frottement eſt peu conſidérable. Il ſuit actuellement de tout ce que nous avons dit plus haut, que dans quelque poſition que l'Aiguille magnétique ſoit placée par rapport à ſon centre de rotation, elle doit prendre la direction de ſon Méridien magnétique : or, comme cette direction nous eſt connue, l'angle qu'elle formera avec cette direction, ſera l'erreur dûe aux défauts de la chappe & du pivot.

En poſant ſucceſſivement cette lame, de maniere que ſon Méridien magnétique S N, faſſent différens angles avec la ligne ponctuée A B de la balance ; l'on reconnoîtra toutes les imperfections de la chappe, dont les différens points vicieux ſe trouveront à chaque Eſſai, poſés différemment par rapport à la direction magnétique, & donneront des erreurs différentes.

L'on peut ſe ſervir de pluſieurs autres moyens. Si, par exemple, l'on ſuſpend, avec cette chappe, une Aiguille percée à ſon centre, & que, par le point de ſuſpenſion, l'on faſſe paſſer le Méridien magnétique ; cette Aiguille doit non-ſeulement ſe placer ſur ſon Méridien magnétique ; mais lorſqu'elle ſera miſe en oſcillation, elle doit faire des excurſions égales à droite & à gauche de ce Méridien, ou au moins qui diminueront également à chaque excurſion.

Si l'on n'a pas le ſecours d'un bon Artiſte, & que l'on puiſſe ſe procurer un poinçon obtus, bien poli & un peu arrondi à ſa pointe, l'on formera une aſſez bonne chappe, en enfonçant ce poinçon perpendiculairement d'un quart de ligne, à petit coup

de marteau, dans le centre d'une petite plaque de cuivre.

Les pivots doivent être plus ou moins aigus, suivant les charges qu'ils sont destinés à soutenir : dans les Boussoles, pour le service des vaisseaux, les pivots fatiguent beaucoup, non-seulement à cause du poids de la rose de carton dont les Aiguilles sont chargées, mais encore à cause du mouvement continuel où sont les Boussoles. L'on est dans l'usage & avec raison, de faire ces pivots plus renforcés, moins aigus que ceux qui doivent soutenir des Aiguilles destinées à faire des opérations dans un lieu fixe.

La dureté des chappes & des pivots est la condition la plus essentielle pour la perfection de ces instrumens; jamais le pivot ne doit être assez aigu pour pénétrer dans le solide de la chappe, ni pour pouvoir plier sous son poids.

81. 4.me Remarque. Le point de suspension ou le contact de l'extrémité du pivot & du fond de la chappe, est une petite surface circulaire, comme nous l'avons vu (Art. 70 :) il paroît intéressant pour la matiere que nous traitons, & pour les Arts en général, de chercher à déterminer le diamètre de ce cercle. Voici, d'après la théorie & les expériences qui précèdent, comme on pourra en venir à bout.

Nous avons vu (Art. 74,) qu'il résultoit de l'Expérience, que le petit cercle de contact, formé par la compression de l'extrémité du pivot, étoit également pressé dans tous ses points : nous avons trouvé (Art. 68,) que le *momentum* du frottement sur le petit cercle de contact, étoit exprimé par la quantité $\frac{2P}{3n} \cdot CM$, où CM est le rayon du cercle de contact, & $\frac{P}{n}$ le frottement du poids P, qui glisseroit le long d'une surface; quantité que nous trouvons pour le verre & l'acier, égale à $(\frac{P}{7})$ (Art. 67).

Nous avons vu, Article 6, que l'angle d'erreur d'une

Aiguille aimantée étoit $(B-S)=\frac{R}{\int\phi\mu c\mu}$, & nous avons trouvé (Art. 12), que $\int\phi\mu c\mu=\frac{g.\int\mu r^2}{\lambda}$, où λ eſt la longueur d'un pendule qui battroit des oſcillations iſochrones à celles de l'Aiguille: ainſi, l'on a $(B-S)=\frac{2\lambda P}{3gn\int\mu r^2}$ CM; & B — S étant donné par l'Expérience, de même que λ, l'on trouvera facilement, pour une Aiguille donnée, la valeur de CM.

Exemple.

Nous avons trouvé *(Art. 74, Expérience, premier Eſſai,)* qu'une Aiguille en flèche, de 10 pouces de longueur & de 150 grains de peſanteur, a fait 10 oſcillations en 60″, & que ſon angle d'erreur dû au frottement, étoit de 5′: or nous avons pour une Aiguille de cette forme, $\int\mu r^2=\frac{P.l^2}{6g}$, où l égale ici 5 pouces: ainſi, $CM=\frac{(B-S)nl^2}{4\lambda}$; &, ſubſtituant les valeurs numériques, $n=7$, $\lambda=1321$ pouces, $(B-S)=5'$, $l=5$ pouc. l'on aura le diamètre du cercle de contact, $2CM=\frac{1}{862}$ de ligne.

L'on peut conclure, ce me ſemble, de la petiteſſe du diamètre du cercle de contact, trouvé dans cet exemple, que le plan de contact peut être regardé comme un point fixe.

82. 5.me Remarque. Les Aiguilles d'inclinaiſon ont toujours préſenté de très-grandes difficultés dans leur exécution, ſoit parce qu'il eſt difficile de faire tomber le centre de gravité dans l'axe des tourillons, ſoit parce que la courbure de ces Aiguilles, changeant ſuivant leur inclinaiſon, rend la poſition de ce centre de gravité variable, par rapport à l'axe de ſuſpenſion: l'on ne peut rien ajouter aux ſavantes recherches que M. Daniel Bernoulli a donné à ce ſujet: mais lorſqu'on ne pourra pas diſpoſer d'un Artiſte auſſi habile & auſſi exact, que ceux qui paroiſſent néceſſaires; pour remplir les vues de cet Auteur, voici comme il m'a paru que l'on pourroit y ſuppléer. Bouſſoles d'Inclinaiſon.

L'Aiguille SN (*Fig.* 28,) eſt équilibrée ſur ſes tourillons C, qui portent ſur deux lames de verre; un fil de cuivre π peſant un ou deux grains, mais dont le poids eſt exactement déterminé, peut gliſſer le long de la partie auſtrale, depuis C juſqu'en S, ſon *momentum* ſe meſure par la diſtance (C π).

Avant d'aimanter cette lame, elle ſera équilibrée bien exactement ſur ces tourillons, dans une poſition horizontale, le petit poids π répondant pour lors en C à l'axe des tourillons, ou n'ayant aucun *momentum;* l'on aimantera enſuite la lame à ſaturité : ſi elle eſt d'un acier bien pur, le centre aimantaire tombera à-peu-près en C, les forces μQ qui agiront ſur chaque point μ de la partie boréale CN, ſeront parallèles entre elles & à la direction magnétique : les forces μ' Q' qui agiront ſur la partie auſtrale, auront la même direction dans un ſens oppoſé; il faudra donc, pour retenir l'Aiguille dans la poſition horizontale, porter le petit poids π à la diſtance Cπ du point C.

Si l'on décompoſe actuellement toutes les forces magnétiques μQ en deux autres forces, l'une horizontale RQ, & l'autre verticale Rμ, & que l'on nomme φ la force ſuivant μQ, & B l'angle μQR, inclinaiſon de la direction magnétique avec l'horizon, l'on aura, pour le *momentum* magnétique de toutes les forces verticales, $\int \varphi \mu c \mu \frac{\sin B}{\text{rayon}}$, qui doit être égal à $\pi \cdot \pi C$.

Si l'on ſuſpend enſuite cette Aiguille horizontalement, par le moyen d'une ſoie, comme nous l'avons fait plus haut, & qu'on la faſſe oſciller, le tems des oſcillations nous donnera, conformément à l'Article 13, un poids Q, qui, multiplié par la moitié de la longueur de l'Aiguille, auroit un *momentum* égal à toutes les forces magnétiques RQ, qui agiſſent ſuivant une direction horizontale; d'où l'on tirera $Q \cdot CN = \int \varphi \mu c \mu \frac{\cos B}{\text{rayon}}$. Diviſons actuellement le *momentum* des forces verticales, par le *momentum* des forces horizontales, & nous aurons l'équation $\frac{\pi \cdot \pi C}{Q \cdot CN} = \frac{\sin B}{\cos B} = tang\, B$; ce qui donnera l'angle B que l'on cherche.

En ſubſtituant la valeur de B, ainſi déterminée dans l'équation $\frac{QCN}{\cos B} = \int \varphi \mu c \mu$, l'on tirera le *momentum* des forces magnétiques, ſi intéreſſant à connoître dans les différens points de la Terre.

Nous remarquerons que, pour que cette méthode ſoit praticable, il faut avoir ſoin de rapprocher beaucoup l'axe des tourillons, du centre de gravité de la lame, parce que pour lors la moindre variation dans la poſition du poids π, donnera un angle d'inclinaiſon ſenſible.



CHAPITRE V.

Des Variations diurnes régulières de la Déclinaiſon des Aiguilles.

83. Jusqu'ici nous avons toujours fait précéder la théorie par les Expériences, & nous ne nous ſommes abſolument livré à aucune hypothèſe ſur la nature du fluide magnétique : mais comme il eſt queſtion, dans ce Chapitre, de fixer une cauſe, & qu'il nous manque des obſervations faites pendant une ſuite d'années, & ſur l'exactitude deſquelles nous puiſſions compter, nous ne pourrons pas ſuivre une route auſſi ſûre.

Le ſyſtême général des Phyſiciens, a été pendant long-tems, que la cauſe du magnétiſme étoit dûe à un tourbillon de matiere fluide, qui faiſoit ſa révolution autour des aimans, ſoit artificiels, ſoit naturels, en entrant par un Pole, & en ſortant par l'autre. Ce fluide agiſſoit, diſoit-on, ſur le fer, à cauſe de la configuration de ſes pores, mais il n'exerçoitpoint d'action ſur aucune autre eſpèce de corps : à meſure, dans cette hypothèſe, qu'il ſe rencontroit des difficultés pour expliquer de nouveaux phénomènes magnétiques, ou les variations de la déclinaiſon des Aiguilles, l'on faiſoit quelques nouvelles ſuppoſitions, ſoit en imaginant pluſieurs tourbillons ou pluſieurs Poles magnétiques, ſoit en imaginant un aimant au centre de la terre, auquel on donnoit un mouvement particulier.

C'eſt ſur ces principes, que ſont établis les trois Mémoires ſur la cauſe du Magnétiſme, qui furent couronnés en 1746.

Cependant

Cependant la difficulté d'expliquer tous les phénomènes magnétiques avec des tourbillons, a fait soupçonner, depuis quelques années, à plusieurs Physiciens, que la cause du magnétisme pouvoit provenir de l'attraction.

Je crois avoir prouvé, dans le commencement de ce Mémoire, que les causes de la direction de l'Aiguille magnétique, ne pouvoient point être expliquées par l'impulsion. J'ajouterai ici, que lorsqu'on aimante une barre d'acier avec un aimant artificiel, il ne paroît pas que la barre, qui sert à aimanter, ait perdu de son magnétisme après l'opération : cependant, dans l'hypothèse de l'impulsion, le tourbillon de la barre qui aimante, a produit un mouvement dans toute la masse du fluide magnétique de la barre aimantée ; ce mouvement n'a pu être produit sans une impulsion, qui, par sa réaction, a dû détruire une partie du mouvement, ou changer la direction du fluide magnétique de la barre dont on s'est servi pour aimanter ; & conséquemment, si le magnétisme étoit dû à l'impulsion, un aimant devroit perdre sa force en aimantant, ce qui est contraire à l'Expérience.

84. Parmi les différens Auteurs, qui ont eu recours à l'attraction pour expliquer les phénomènes magnétiques, la plupart, comme MM. Brugman & Wilke, se sont servis de deux fluides élastiques ; ils ont supposé que, lorsqu'une lame d'acier étoit dans son état naturel, ces deux fluides étoient réunis, & répandus uniformément dans toute la lame ; mais que, lorsqu'elle étoit aimantée, les deux fluides étoient divisés : d'après ces Auteurs, les deux fluides exercent l'un sur l'autre une action attractive ; mais ils exercent sur leurs propres parties une force

répulſive, comme l'air & tous les fluides élaſtiques : ils ont nommé un de ces fluides, poſitif, & l'autre, négatif.

M. Œpinus a adapté au magnétiſme, le ſyſtême de M. Franklin ſur l'électricité : il penſe que, pour cauſe du magnétiſme, il n'y a qu'un ſeul fluide élaſtique, qui agit ſur ſes propres parties par une force répulſive, & ſur les parties de l'acier, par une force attractive. Ce fluide, une fois engagé dans les pores de l'acier, ne s'en dégage qu'avec difficulté. Ce ſyſtême conduit à une concluſion ſingulière ; c'eſt qu'il réſulte des phénomènes magnétiques, que les parties ſolides de l'acier exercent les unes ſur les autres une force répulſive. M. Œpinus appelle *Pole poſitif*, la partie de la lame d'acier où le fluide abonde, & *Pole négatif*, la partie qui a été vidée, ou qui ne conſerve pas ſa portion naturelle de fluide magnétique.

Ces deux hypothèſes expliquent également bien, & de la même maniere, tous les phénomènes magnétiques : il reſte cependant quelques difficultés à réſoudre ; en voici une des principales. Je ſuppoſe qu'une lame d'acier ſoit aimantée à ſaturité ; ſi nous prenons l'hypothèſe des deux fluides magnétiques, ces deux fluides ſeront ſéparés, le fluide boréal ſera porté dans la partie boréale ; le fluide auſtral ſera porté dans la partie auſtrale de la lame ; le centre aimantaire, ſi la lame eſt homogène, ſe trouvera à-peu-près au milieu ; que l'on coupe cette lame en deux parties égales, ſi les deux fluides ſont ſéparés, chaque partie de la lame n'aura qu'une eſpèce de fluide, & par conſéquent ne ſera pas ſuſceptible du même degré de magnétiſme, qu'une lame de la même grandeur, qui ſeroit dans ſon état naturel : cependant l'Expérience prouve le contraire. Cette même difficulté a lieu contre le ſyſtême de M. Œpinus. Com-

ment, par exemple, la partie de la lame, vide de fluide magnétique, peut-elle être ſuſceptible du même degré de magnétiſme, qu'une pareille lame dans ſon état naturel?

Il ſemble, d'après cette Expérience, qu'il faille admettre, que la quantité de fluide, tranſportée, par le magnétiſme, d'une extrémité d'une lame d'acier à l'autre, eſt beaucoup moins conſidérable que la quantité totale de fluide que chaque partie de cette lame contient: peut-être, au ſurplus, la plus grande partie du fluide élaſtique magnétique, ſe trouve-t-il dans les lames dans un état de fixité, & ſans aucune eſpèce d'action; comme l'Expérience nous a appris, que l'air fixe étoit répandu dans tous les corps en beaucoup plus grande quantité, que l'air élaſtique que ces corps peuvent contenir? Il paroît, en effet, probable qu'il exiſte, dans tous les corps & dans leurs athmoſphères, des parties qui exercent des forces attractives, & d'autres qui exercent des forces répulſives, dont différentes combinaiſons avec d'autres corps, changent & développent l'action: l'évaporation des fluides, l'élaſticité & la cohéſion des ſolides, l'électricité, enfin toutes les analyſes chymiques, ne ſont peut-être que le réſultat de différentes propriétés analogues au magnétiſme: mais nous ſommes encore bien loin d'avoir ſoulevé le voile qui nous dérobe cette partie de la Phyſique.

85. Après avoir expliqué ces différentes hypothèſes, nous allons préſenter quelques probabilités ſur la cauſe des variations diurnes: raſſemblons quelques faits.

Nous avons vu, dans la théorie du magnétiſme, que l'action de chaque point d'une lame aimantée, tend à détruire le magnétiſme des parties qui avoiſinent: de-là il paroît que l'état magnétique eſt un état forcé, & que le fluide magnétique fait

effort pour ſe répandre uniformément ; c'eſt ce que l'Expérience prouve, puiſque l'on eſt obligé de renouveller de tems-en-tems le magnétiſme des Aiguilles.

Le Globe de la terre eſt un aimant naturel, qui, livré à lui-même, paroît conſerver ſa force magnétique : cependant la variation de la déclinaiſon, nous annonce que la matiere magnétique y eſt dans un mouvement continuel : ainſi, en raiſonnant par analogie, la matière magnétique auroit dû ſe répandre uniformément, & le magnétiſme de la terre devroit être anéanti depuis long-tems.

Il y a donc quelque cauſe qui conſerve, ou renouvelle le magnétiſme de la terre.

Il eſt probable que la même cauſe, qui entretient le magnétiſme de la terre, produit les mouvemens de la matière aimantaire, produit dans les déclinaiſons, les variations annuelles & les variations diurnes.

La variation diurne eſt à-peu-près régulière ; l'Aiguille eſt actuellement dans nos climats dans ſa plus grande déclinaiſon à une heure après midi : cette déclinaiſon diminue juſqu'à ſept ou huit heures du ſoir ; elle eſt preſque ſtationnaire juſqu'à huit heures du matin ; elle croît avec plus de rapidité, lorſque le Soleil s'approche de ſon méridien. . . . . Ces variations ne ſont pas toujours égales. J'ai trouvé, en 1776, depuis le mois de Mars juſqu'à la fin de Juillet, qu'elles étoient quelquefois de 18 ou 20 minutes, mais le plus ſouvent entre 8 & 12′. Je n'ai pas trouvé les excurſions journalieres régulièrement plus grandes pendant un mois, que pendant l'autre : les plus grandes variations ont été obſervées pendant l'Equinoxe, & pendant les chaleurs du mois de Juillet : il y a eu pendant ces cinq mois, trois variations

irrégulières sensibles; la premiere, le 28 Mars, elle a commencé à être apperçue vers les six heures du soir; à dix heures l'Aiguille étoit dans sa plus grande excursion, & sa déclinaison de 61′ moindre qu'à une heure après midi. La seconde a été sensible le 5 Avril; l'on a commencé à observer la direction de l'Aiguille à sept heures du matin; la déclinaison étoit de 41′ plus grande qu'à l'ordinaire; à 1 heure, elle avoit diminué de 30′, & l'Aiguille se trouvoit à-peu-près dans la même direction où on l'observe ordinairement à la même heure. La troisieme variation a été sensible le 8 Avril, elle a commencé à être observée à 5 heures du soir, elle a marqué sa plus grande excursion à 9h. & pour lors la déclinaison étoit moindre de 44′ qu'à 1 heure après midi; à minuit, l'Aiguille paroissoit dans sa direction ordinaire; l'on distinguoit ce même jour une aurore boréale dans la partie du Nord-ouest. Pendant les deux premières observations, le tems a été couvert & orageux. Daus les variations irrégulières, l'Aiguille est continuellement en mouvement, ses oscillations sont quelquefois d'une demi-heure, & d'un quart de degré.

Il y a déjà long-tems que l'on a observé l'influence des aurores boréales sur la direction de l'Aiguille; il est même très-probable que le fluide, qui forme ce météore, est le même que le fluide aimantaire: l'on trouve, à ce sujet, les idées les plus ingénieuses dans les Loix du magnétisme de M. le Monnier; il sera facile d'y adapter la théorie qui va suivre.

86. Si l'on examine les variations régulières diurnes de l'Aiguille, l'on verra qu'elles ont une révolution réglée comme celle du Soleil. C'est donc une action dûe à cet Astre qui produit ces variations périodiques. Quelques Auteurs ont prétendu

que ces variations étoient l'effet de la chaleur ſolaire, qui détruiſoit le magnétiſme de la partie de la terre qui lui étoit oppoſée. Ils ſe ſont fondés ſur ce qu'une lame aimantée perd dans le feu ſa vertu magnétique : mais, quand même cette opinion expliqueroit la variation diurne, elle ne ſeroit pas recevable ; parce qu'une cauſe, qui tendroit continuellement à détruire le magnétiſme de la terre, ne lui auroit laiſſé depuis long-tems aucune qualité magnétique.

Si ce n'eſt pas la chaleur du Soleil qui produit les variations diurnes : ſi cependant cet effet eſt dû à cet Aſtre, il faut que le Soleil agiſſe ſur le Globe terreſtre, comme un aimant agit ſur un autre aimant.

Voici, d'après cette idée, comme il ſemble que l'on peut expliquer tous les phénomènes magnétiques: l'athmoſphère ſolaire, connue ſous le nom de lumiere zodiacale, ne ſera autre choſe qu'un fluide magnétique ; ce fluide, en admettant le ſyſtême de M. Œpinus, & il ſera facile d'adapter les mêmes raiſonnemens à tout autre ſyſtême, agira ſur les parties de la terre pour en chaſſer le fluide magnétique qui y eſt contenu, comme le Pole poſitif d'un aimant, tend à chaſſer le fluide magnétique, du point d'une lame d'acier où il eſt appliqué.

Mais l'action de ce fluide ſera d'autant plus grande, que ſa denſité ſera plus grande & ſon éloignement moindre ; or cette denſité diminuant à meſure que l'on s'éloigne du Soleil, il en réſulte que ce fluide agira plus fortement ſur la partie de l'hémiſphère éclairée par le Soleil, que ſur l'hémiſphère oppoſée ; que ſon action ſera plus grande dans le périgée que dans l'apogée ; ainſi, pendant l'hiver, la partie auſtrale de la terre doit ſe vider de matiere magnétique : pendant l'été, l'athmoſ-

phère ſolaire produira un effet contraire ; mais le Soleil étant pour lors dans ſon apogée, cette action ſera moins grande que pendant l'hiver : d'où il doit en réſulter que la terre ſera aimantée poſitivement dans la partie boréale, & négativement dans la partie auſtrale : à meſure que l'apogée changera, il ſe fera une révolution dans la poſition du fluide magnétique ; mais ce mouvement eſt trop lent, pour que l'effet en ſoit bien ſenſible, depuis que l'on obſerve avec exactitude la déclinaiſon de l'Aiguille aimantée.

Il eſt facile à préſent d'expliquer les variations diurnes : le fluide magnétique, répandu ſur la ſurface de la terre, agit par ſa force attractive ſur les points de l'Aiguille aimantée négativement, & par une force répulſive ſur les parties de l'Aiguille aimantée poſitivement. Ainſi, la direction de l'Aiguille ſera déterminée par toutes ces forces, & cette action ſuivra une Loi de la denſité du fluide dans chaque point de la terre, & de ſon éloignement à l'Aiguille, ſur les différens points de laquelle il agit.

Dans la Fig. 29, le cercle E S O N repréſente le globe de la terre E O l'Équateur, & S N le Méridien du lieu, où ſe fait l'obſervation en *g* : la direction de l'Aiguille A B, placée ici ſur l'hémiſphère boréal, ſera déterminée par l'action magnétique de toutes les parties de la terre : ainſi, ſi l'action réunie de toutes ces forces, détermine la Bouſſole à former un angle *B g n* avec le Méridien, ce ſera parce que le fluide magnétique ſera plus denſe dans la partie O C N, que dans le quart d'hémiſphère E C N : on peut faire *vice verſâ* un raiſonnement ſemblable par rapport à la partie auſtrale E S O de la terre.

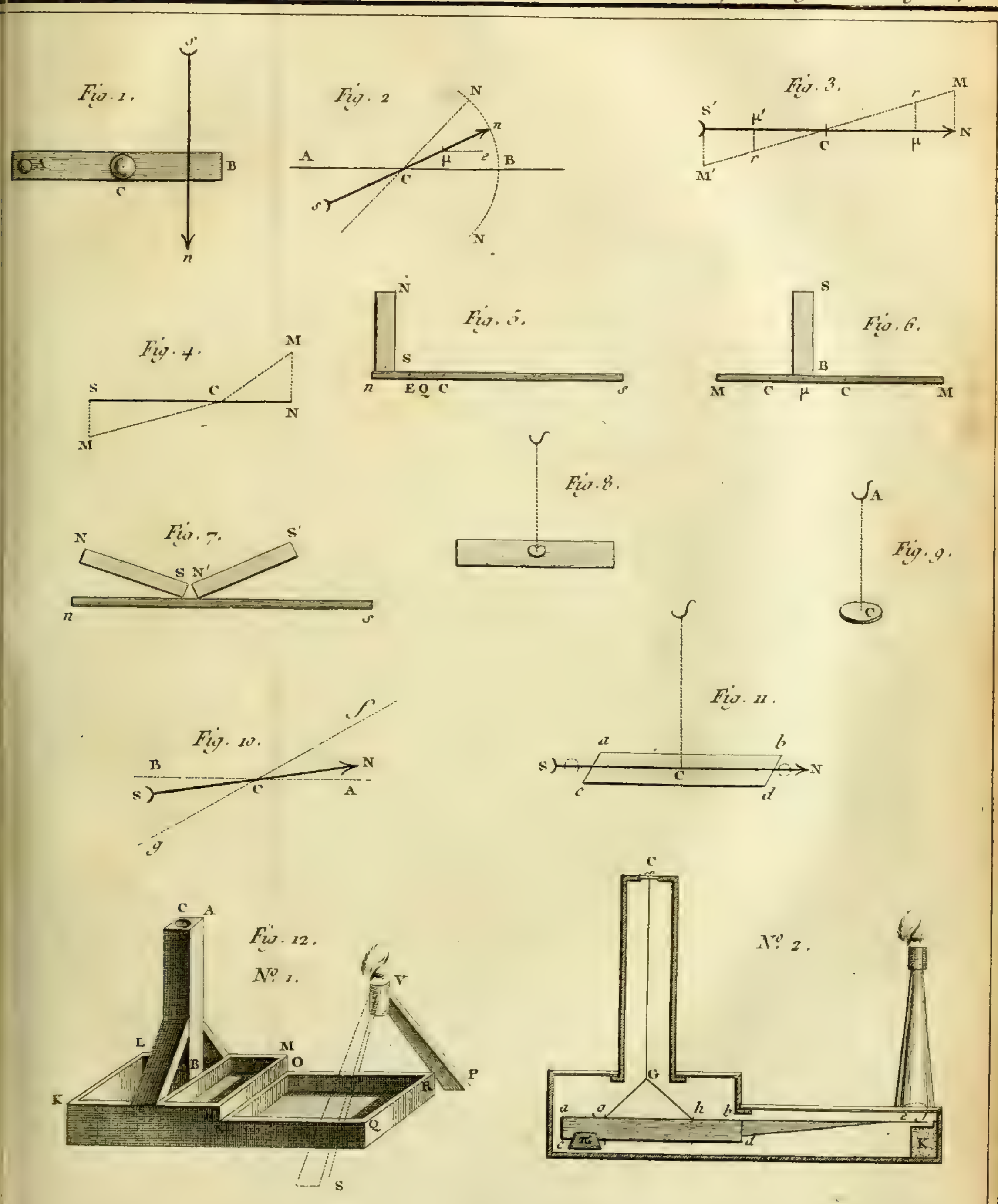
Si E repréſente l'Eſt, & O l'Oueſt, à meſure que le Soleil

s'approchera du Méridien du lieu où la Bouſſole eſt placée, il chaſſera le fluide magnétique de la partie ECN, dans la partie OCN : ainſi, la denſité du fluide augmentera dans la partie de l'Oueſt, & diminuera dans la partie de l'Eſt : ainſi, ſi φ étoit le centre de toutes les forces qui ſollicitoient l'Aiguille lorſque le Soleil étoit en E, ce centre φ ſe portera vers l'Oueſt en φ', & la déclinaiſon augmentera, juſqu'à ce que le Soleil ſe trouve placé dans le même Méridien que ce centre φ'; & comme la déclinaiſon porte à préſent dans nos climats l'Aiguille vers l'Oueſt, il doit arriver que la déclinaiſon augmentera encore quelque tems après le paſſage du Soleil dans le Méridien du lieu où ſe fait l'obſervation. Lorſque le Soleil ſe trouvera à l'Oueſt du Méridien où eſt placé le centre φ, il eſt clair que pour lors la déclinaiſon doit diminuer; d'où il doit ſuivre le mouvement périodique des variations diurnes.

Si le fluide magnétique étoit répandu ſimmétriquement autour du Pole du monde : ſi le Soleil parcouroit toujours le même cercle, & à une même diſtance de la terre, le mouvement diurne de la déclinaiſon de l'aiguille pourroit être parfaitement régulier, & le centre φ parcoureroit un ovale exactement fermé. Mais la différente denſité de ce fluide dans les parties de l'Eſt & de l'Oueſt; le changement de poſition du Soleil doit faire, ou que ce centre ne viendra pas au point φ après une révolution diurne, ou qu'il pourra être porté plus loin; en ſorte que ce centre parcourera tous les jours, non pas un ovale exactement fermé, mais une ligne ſpirale; ce qui produira le mouvement annuel, obſervé dans la déclinaiſon depuis plus d'un ſiécle.

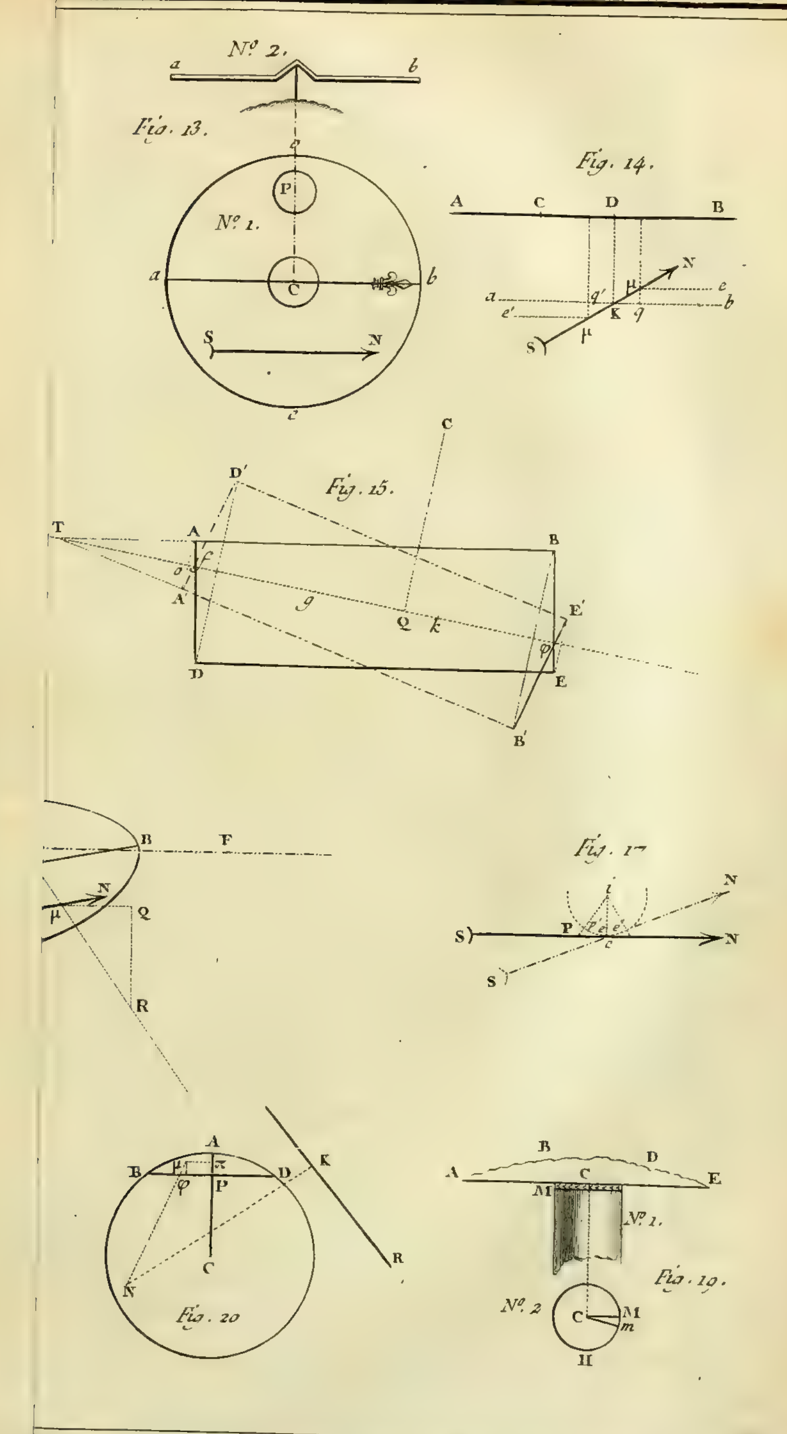
FIN DES PIÈCES DES PRIX.

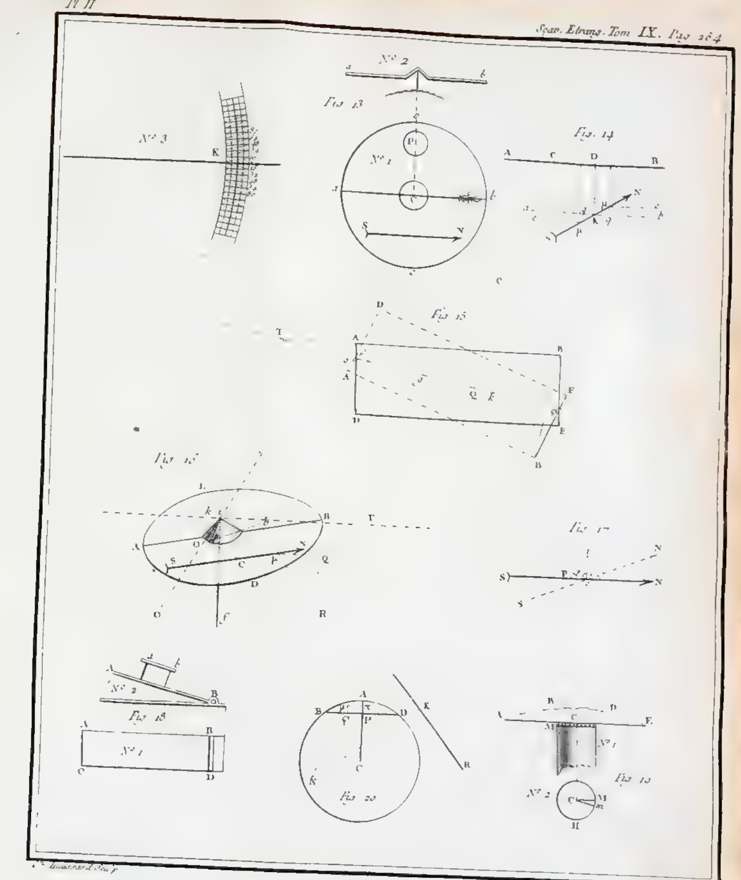
MÉMOIRES

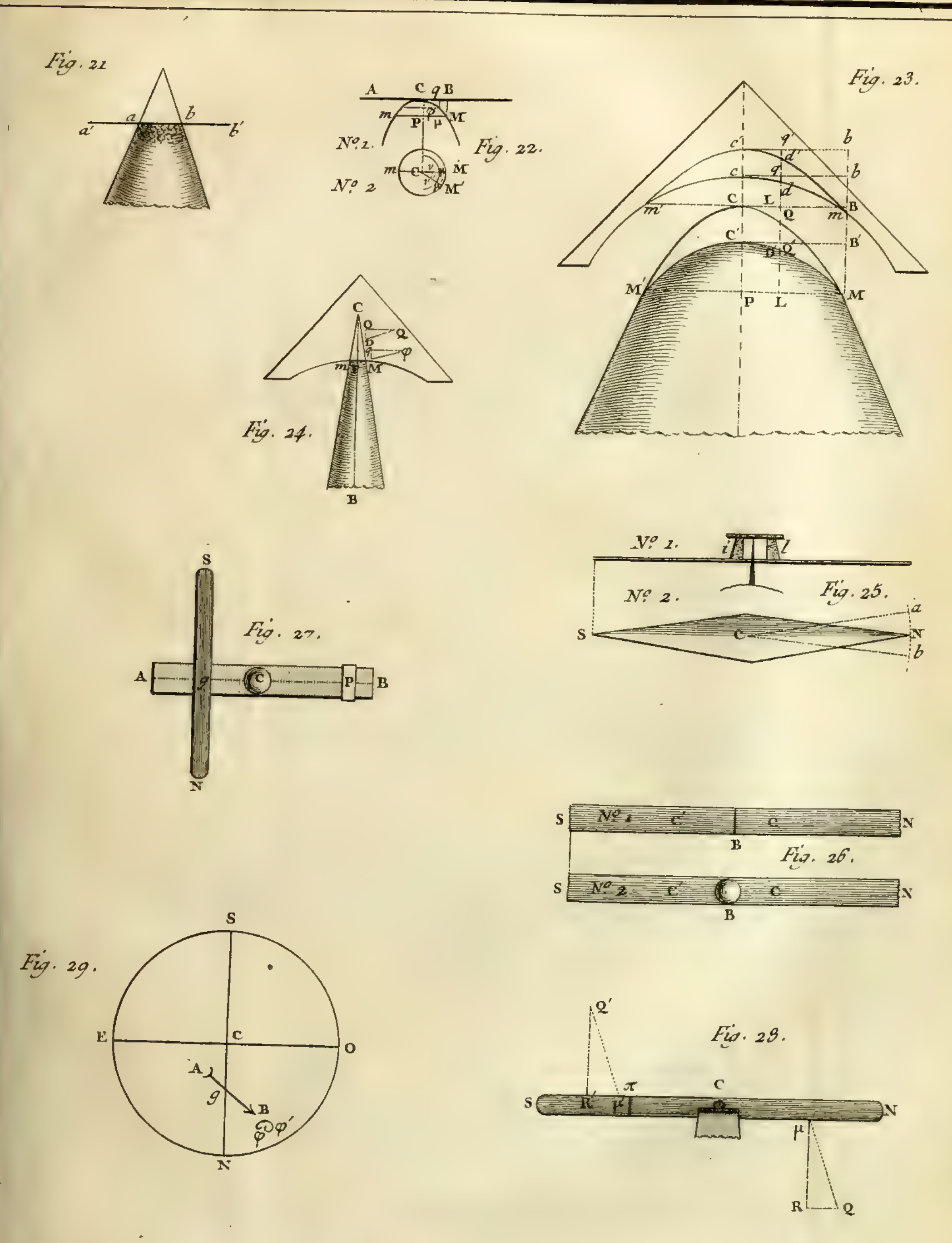


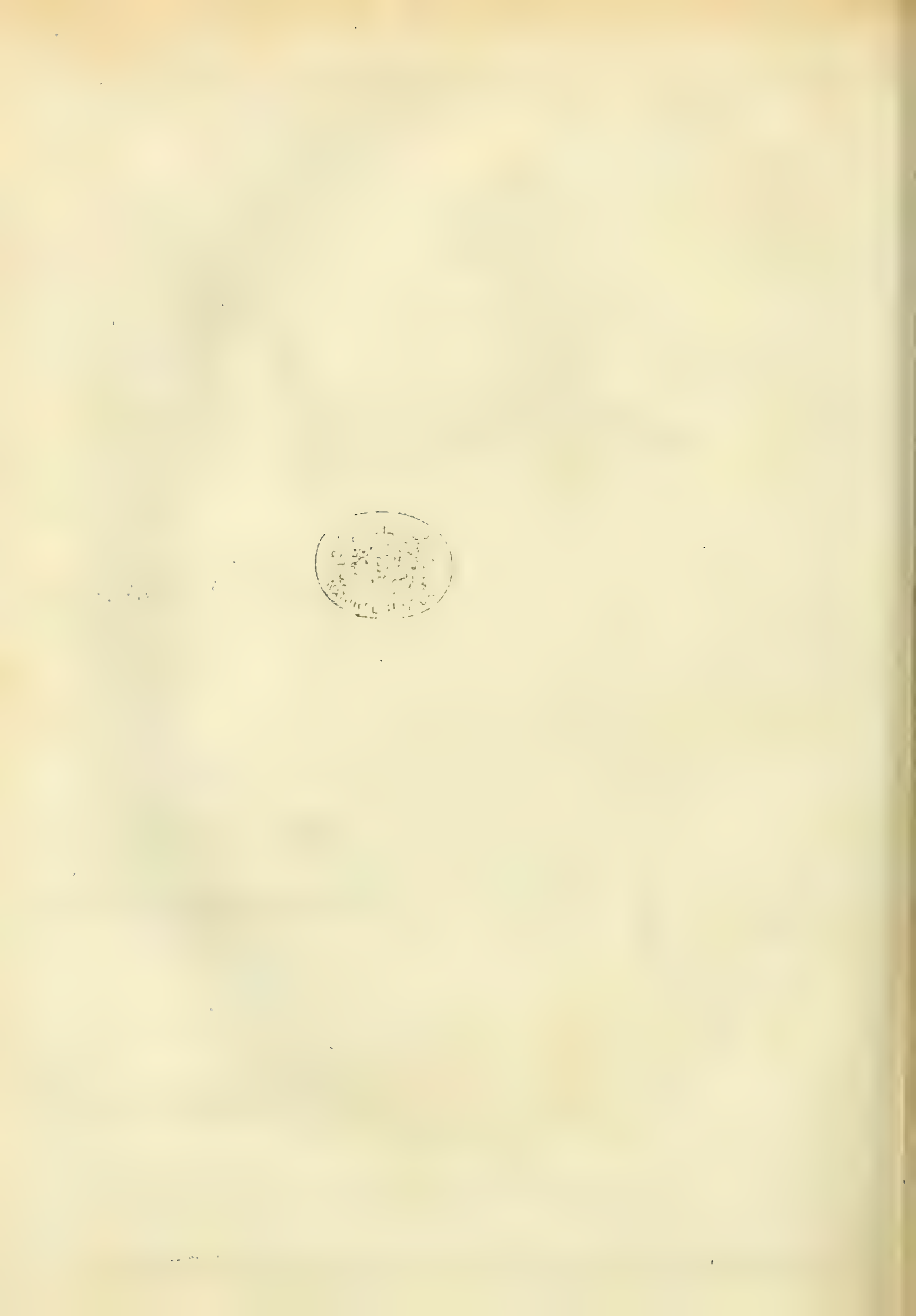
Haussard Sculp.

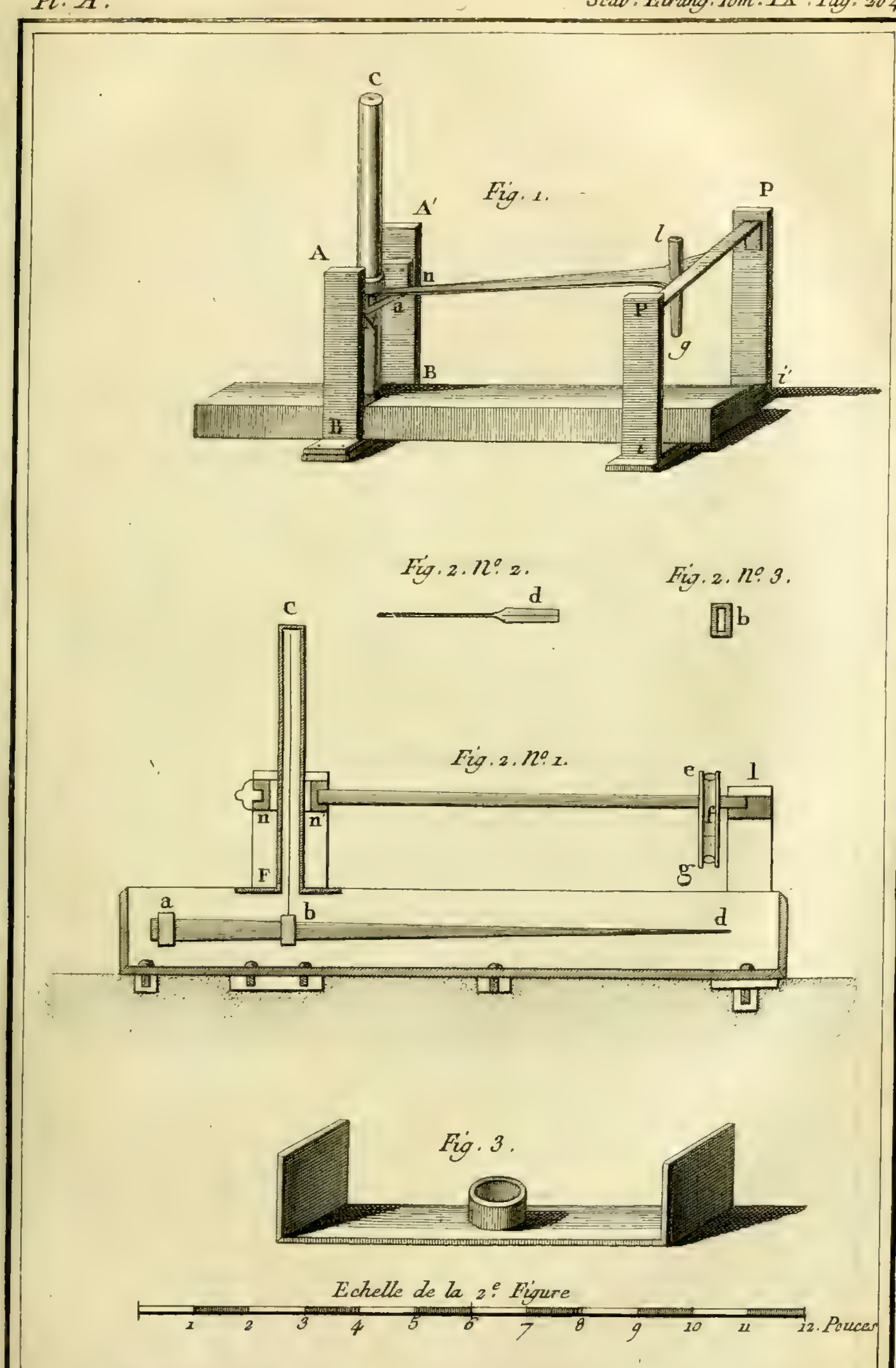



N° 2.
a
b
Fig. 13.
P
N° 1.
a
C
b
S
N
Fig. 14.
A
C
D
B
N
e
b
K
q
S
Fig. 15.
C
D'
T
A
B
f
o
A'
g
Q
k
E'
φ
D
E
B'
B
F
N
μ
Q
R
Fig. 17
N
S
P
N
S
A
B
D
K
C
R
N
Fig. 20
B
D
A
C
E
M
N° 1.
Fig. 19.
N° 2
C
M
m
H

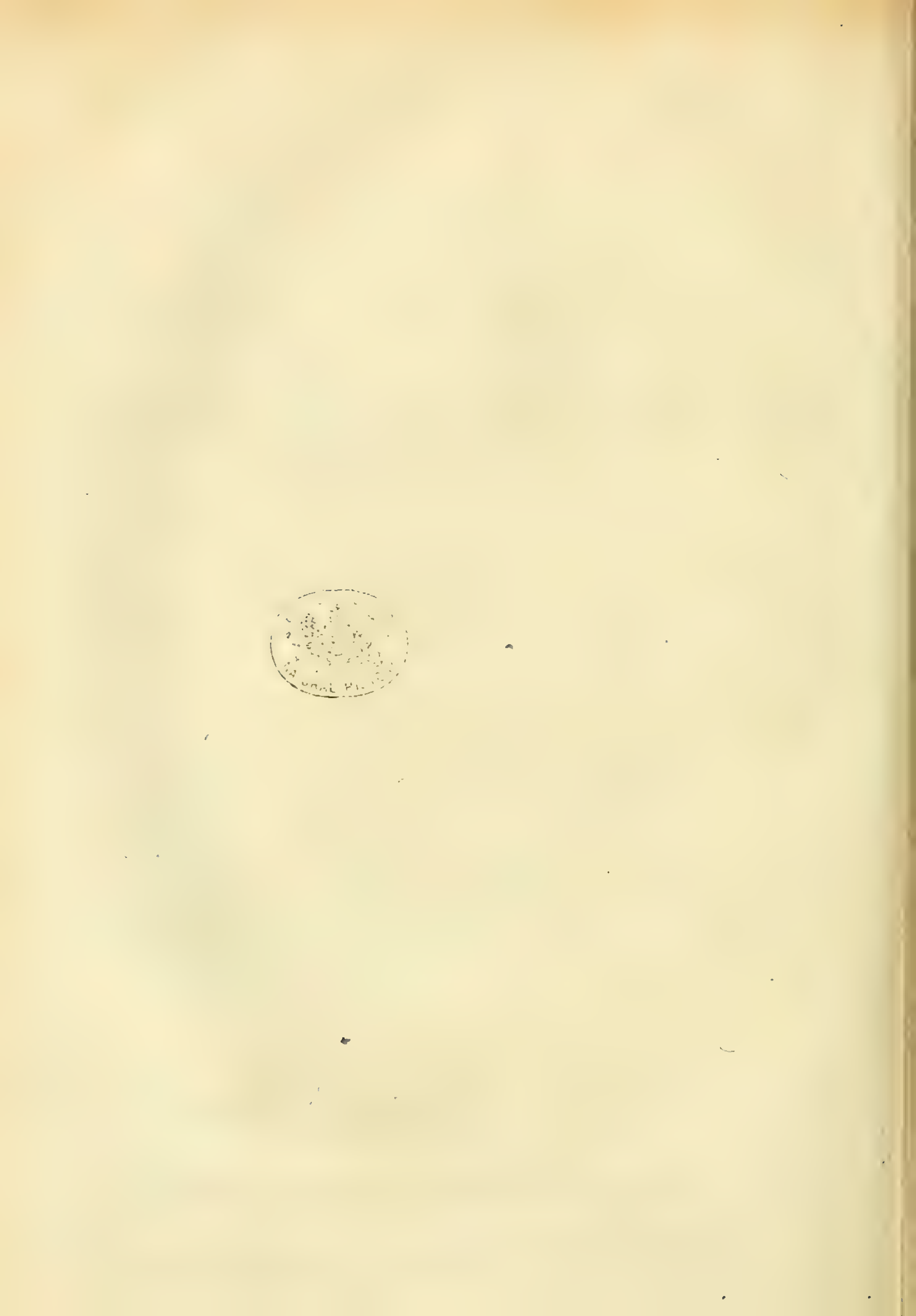

N° 2
Fig. 13
N° 3
N° 1
Fig. 14
Fig. 15
Fig. 16
Fig. 17
N° 2
Fig. 18
N° 1
Fig. 20
N° 1
Fig. 19
N° 2


Fig. 21
a
b
a'
b'
A
C
q
B
m
P
μ
M
Nº 1.
Fig. 22.
Nº 2
Fig. 23.
c'
q'
b
d'
c
q
d
C
L
m'
Q
m
B
C'
B'
D
M'
P
L
M
Fig. 24.
Fig. 25.
Nº 1.
i
l
Nº 2.
a
S
C
N
b
Fig. 27.
S
A
g
C
P
B
N
S
Nº 1
C'
C
N
B
Fig. 26.
S
Nº 2
C'
C
N
B
Fig. 29.
S
E
C
O
A
g
B
φ'
φ
N
Q'
Fig. 28.
π
C
S
R'
μ'
N
μ
R
Q





Elth. Haussard Sculp.



MÉMOIRES
DE MATHÉMATIQUE
ET
DE PHYSIQUE,

Préſentés à l'Académie des Siences par divers Savans, & lus dans ſes Assemblées.



PREMIER MÉMOIRE
SUR
LES BANDAGES,
PROPRES A RETENIR LES HERNIES;
dans lequel on examine en détail les défauts qui les empêchent de remplir leur objet.

PAR M. GEOFFROI.

ENTRE les Auteurs qui ont travaillé à la correction des Bandages, les uns se sont bornés à établir des principes généraux sur la manière de prendre les mesures, sur la construction des Bandages, & sur leur manutention.

Présenté à l'Académie des Sciences, le 27 Novembre 1776.

Les autres ont proposé différens moyens de remédier à quelques inconvéniens dépendans de la nature & du volume des Hernies.

Le plus grand nombre attribuant l'inefficacité du Bandage dans plusieurs circonstances, au défaut d'une compression suffisante, ont cru trouver le point de perfection desiré, dans des machines compliquées propres à opposer une résistance proportionnée à l'impulsion des parties, sans avoir égard aux inconvéniens qui peuvent souvent en résulter.

Très-peu se sont occupés essentiellement du mécanisme des Bandages; cependant, en examinant attentivement leur action sur les parties qu'ils touchent, il est facile de reconnoître que leur inefficacité & plusieurs mauvais effets, que l'on attribue souvent à des causes éloignées, ne dépendent le plus ordinairement que des Bandages mêmes & des divers déplacemens qu'ils éprouvent.

Le petit Traité de *M. Dejean*, intitulé : *Ouvrage touchant les Hernies* ou *Descentes*, & celui de *M. Blegny*, Edition de *1676*, sont presque les seuls où la matière soit envisagée sous son vrai point de vue. *M. Camper* a aussi donné dans le dernier volume des Mémoires de l'Académie de Chirurgie des Remarques, très-judicieuses sur la construction des Bandages & sur leur action mécanique ; il est fâcheux que ces Auteurs n'aient pas donné à leur ouvrage toute l'étendue qu'exige l'importance du sujet, & dont ils étoient capables.

En réfléchissant sur les moyens les plus propres à perfectionner ces machines, j'ai cru que le plus sûr étoit de commencer par bien connoître les défauts de celles qui sont le plus en usage.

Mais, pour se flatter d'y parvenir, il est indispensable de bien connoître la nature de la maladie, la structure naturelle des parties sur lesquelles le Bandage doit agir, les vices de conformation, les degrés d'embonpoint, de maigreur & de sensibilité des malades, l'action mécanique des Bandages dans l'état de repos ou de mouvement, la nature des matières qu'on emploie pour leur construction, enfin les causes accessoires qui peuvent changer leur effet & les rendre inutiles ou dangereux.

A cet effet, après avoir pris, autant qu'il m'a été possible, toutes les instructions relatives, je ne me suis pas contenté d'observer l'action mécanique des Bandages sur un nombre

ſuffiſant de malades; mais, pour en juger avec plus de préciſion, je me ſuis aſſujéti pendant long-tems à les porter moi-même, & craignant encore de me tromper, j'en ai imaginé un qui n'eſt propre qu'à faire des eſſais & rendre ſenſible ce qui ſe paſſe ſous les pelotes dans les divers mouvemens du corps.

Pour qu'un Bandage ſoit bon, il faut que, dans quelque attitude que prenne le corps, il porte par-tout, qu'il oppoſe une réſiſtance conſtante & toujours égale aux parties qui ſe préſentent pour s'échapper.

Malheureuſement il n'eſt pas toujours facile de lui donner ce degré de perfection; les changemens variés dépendans du malade ou du Bandage même, occaſionnent des déplacemens contradictoires à l'effet que l'on deſire.

Ces déplacemens, qui juſqu'à ce jour me paroiſſent n'avoir été obſervés qu'en partie, & très-ſuperficiellement, influent trop ſur le mécaniſme des Bandages, pour ne pas mériter une attention particulière.

J'établirai donc trois eſpèces de déplacemens que je déſigne par déplacement de corps du malade; déplacement de pelote & déplacement de cercle, qui les uns & les autres ont différens degrés, & peuvent avoir lieu ſéparément ou quelquefois agir de concert pour nuire à l'effet du Bandage : quoique le fer d'un brayer ne décrive pas directement un cercle, je me ſervirai toujours de ce terme parce qu'il ne fait rien à la choſe & qu'il eſt conſacré par l'uſage; j'entends par pelote du Bandage, cette partie de la garniture qui bouche l'ouverture par-où ſortent les deſcentes; j'appelle plaque de Bandage, cette partie du fer ſur laquelle eſt couſue la pelote; ainſi, quand je parle d'un Bandage nud, je ne peux me ſervir que du terme de plaque, & ſi le Bandage eſt garni, j'emploie l'une & l'autre dénomination, ſuivant le beſoin.

Je diſtingue deux déplacemens de corps; le premier à

lieu toutes les fois que le malade aſſis ou debout, s'incline en avant pour agir dans cette attitude.

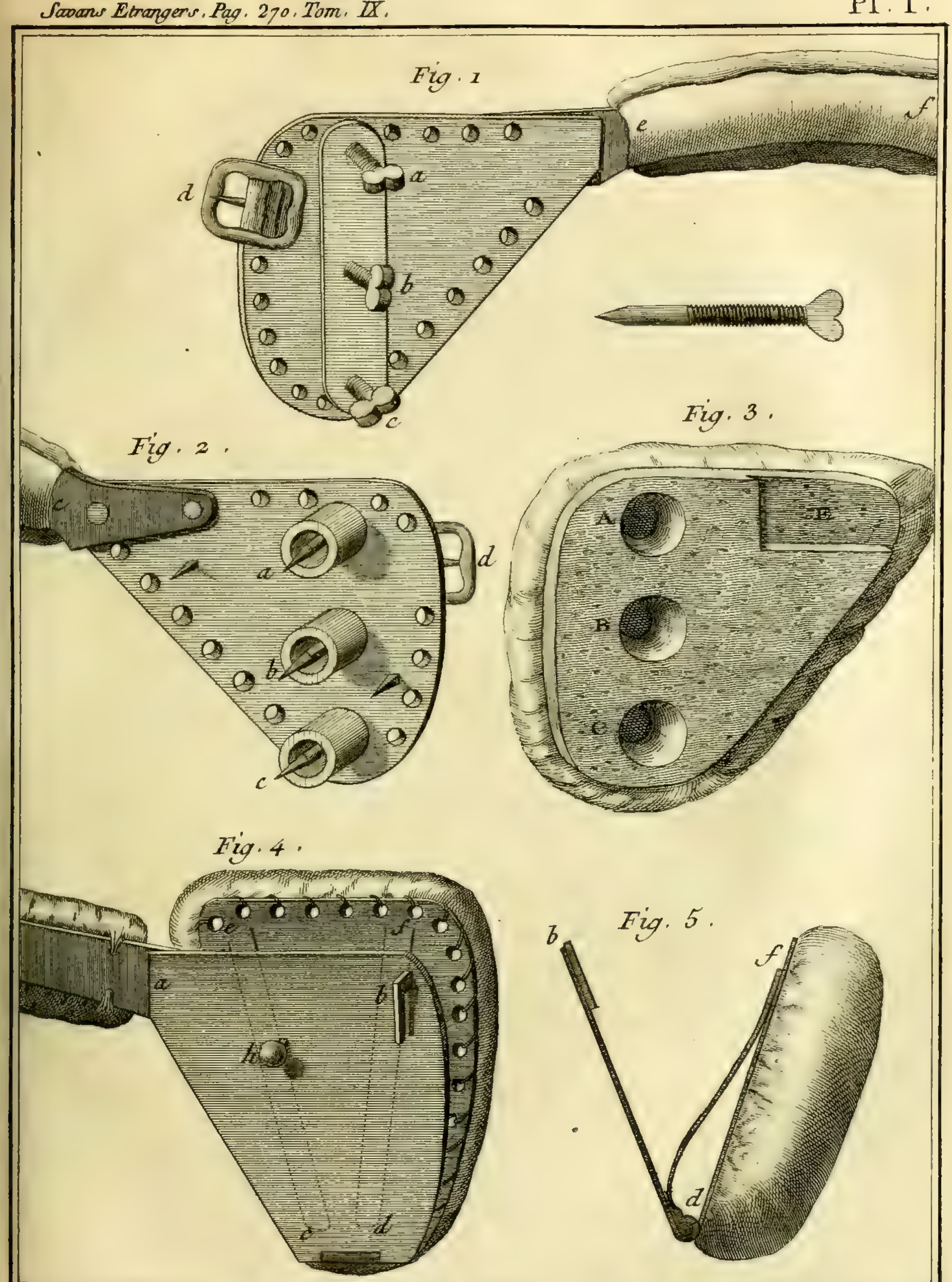
Ce déplacement ſouffre autant de variations qu'il y a de degrés d'embonpoint & de maigreur dans le malade, que la flexion du corps eſt plus ou moins grande, & que les ſiéges ſur leſquels il s'aſſied ſont plus ou moins bas.

J'appelle deuxième déplacement de corps, celui qui arrive ſur nombre de ſujets dans la ſituation horizontale; alors le même Bandage, qui, le malade debout, s'appliquoit exactement, laiſſe un vide à la partie ſupérieure de la pelote, quelquefois auſſi à ſa partie moyenne, ou au moins une diminution de compreſſion; il n'y a alors que la partie inférieure qui paroiſſe n'éprouver aucun changement, principalement ſi elle s'étend juſqu'au pubis & que le Bandage ait la réaction néceſſaire.

Ce dernier déplacement eſt ſenſible, il eſt même viſible; puiſqu'à certains ſujets il laiſſe un pouce de vide à la partie ſupérieure de la pelote; il n'en eſt pas ainſi du premier déplacement, qui, quelquefois eſt ſi peu ſenſible qu'on pourroit le révoquer en doute; ce n'eſt que pour m'aſſurer parfaitement de ſon exiſtence que j'ai imaginé le Bandage annoncé précédemment & dont il n'eſt pas inutile de faire ici la deſcription.

Planc. 1. fig. 1, 2, 3. A la face antérieure d'une plaque de Bandage, j'ai fait river trois morceaux de cuivre de forme cylindrique, l'un à la partie ſupérieure, l'autre à la partie moyenne & le troiſième à la partie inférieure. Ces trois cylindres creuſés dans toute leur longueur & ayant trois quarts de pouces de circonférence, débordent la face poſtérieure de la plaque, de manière à ſe trouver de niveau & à fleurer la pelote du Bandage qui eſt en liége de forme ordinaire & percée de trois trous pour les recevoir.

Aux deux parties latérales de la plaque, ſont auſſi rivées



Goussier Del. Benard Sculp

deux petites pointes, qui débordent la face poſtérieure de deux à trois lignes, & ſervent conjointement avec les cylindres à maintenir en place la pelote de liège & l'empêcher de vaciller.

Dans le milieu & ſur la longueur de la face antérieure de la plaque qui eſt de cuivre, eſt rivée une autre lame de cuivre de trois lignes d'épaiſſeur; cette lame de cuivre eſt percée & taraudée vis-à-vis les trous qui répondent aux cylindres, & dans chacun de ces trous ainſi taraudés, ſe place une vis qui paſſe à travers : ces vis ſont un peu affilées par le bout & débordent les cylindres, la pelote de liège & ſa garniture, autant & ſi peu que l'on veut, & reſtent fixées à la diſtance que l'on juge néceſſaire.

La plaque n'eſt point revêtue de toile comme il eſt d'uſage, il y a ſeulement à ſa partie latérale, qui regarde l'os pubis, une courroie très-courte & de largeur à pouvoir coudre à ſon extrémité une boucle pour ſuppléer au crochet & fixer le Bandage en y attachant la courroie qui fait le circulaire.

La pelote n'eſt garnie qu'à la face poſtérieure, c'eſt-à-dire à celle qui touche le ventre; cette garniture n'eſt compoſée que de deux morceaux de peau de mouton, entre leſquels on met un ou deux morceaux de molton ou d'autre étoffe laineuſe, & lorſque cette garniture eſt fixée ſur la face poſtérieure de la pelote, on la perce avec un *emporte-pièce* par les trous deſtinés à recevoir les cylindres, enſuite on attache cette pelote comme il a été expliqué précédemment.

La deſcription de cette machine, paroît aſſez indiquer l'uſage que l'on en peut faire, & la plus ſimple démonſtration ſuffira pour inſtruire ceux qui voudroient faire de ſemblables eſſais.

Suppoſons que, dans un ſujet quelconque, on veuille déterminer s'il y a un vide ou un défaut de compreſſion ſous

la partie moyenne de la pelote; à cet effet, le malade étant debout & le Bandage fixé comme à l'ordinaire, on tourne la vis qui répond à cette partie moyenne jusqu'à ce que, débordant un peu la pelote, sa pointe fasse une légère sensation sur la peau & cependant assez marquée pour que l'on s'apperçoive de sa diminution quand elle a lieu ; ensuite on fait changer d'attitude au malade, & on le met dans un plan plus ou moins incliné; si, dans cette situation, il sent moins la pointe de la vis; si, le picotement n'est pas si considérable, c'est une preuve qu'il y aura seulement diminution de compression; s'il ne sent plus rien du tout, ce sera une preuve qu'il y aura un vide; enfin, si le sujet assis, courbé, ou droit sur ses jambes, sent également le contact de la vis, il sera démontré qu'il n'y a ni vide ni diminution de compression.

J'observe qu'il est nécessaire que la partie soit rasée, sans quoi le simple tiraillement d'un poil causeroit une douleur qui feroit croire que la vis auroit atteint la peau, lorsqu'elle en seroit encore éloignée, & cette sensation ne diminuant, ni n'augmentant, on en pourroit conclure à tort qu'il n'y auroit jamais ni vide, ni défaut de compression.

Après l'épreuve indiquée, pour se confirmer entièrement dans le jugement que l'on a porté, on réitérera l'Expérience, mais en sens contraire : la vis étant remise au niveau de la pelote, on fera asseoir & courber le sujet jusqu'au degré où la diminution de compression avoit paru le plus sensible; alors on resserrera la vis jusqu'à ce que la pointe se fasse sentir très-légèrement; ensuite on fera relever le malade, & si le défaut de pression est réel, le picotement augmentera, causera une sensation plus ou moins douloureuse & toujours proportionnée au degré du vice dont il est la preuve; au reste, il est facile de voir qu'en suivant la même méthode, on peut également s'assurer de ce qui se passe aux parties supérieures & inférieures.

Le résultat des observations que j'ai faites sur une quantité suffisante de malades, m'a convaincu que chez presque tous ceux qui sont maigres & mal constitués, il y a diminution de compression, quelquefois même un déplacement sensible, c'est-à-dire, un vide. A l'égard des malades gras & musculeux, il n'y a jamais de vide; mais, dans certaines attitudes, on peut quelquefois, à l'aide du Bandage indiqué, observer un défaut de compression. Dans les différens sujets, ces défauts seront plus ou moins grands, à raison de la flexion du corps & de la forme que l'on aura donnée aux pelotes des Bandages; par exemple, dans un sujet très-maigre dont le pubis est saillant, si on fait une pelote plate, il pourra y avoir un vide même assez grand; dans l'excès d'embonpoint au contraire, la même pelote ne pourra occasionner qu'une diminution de compression souvent assez sensible.

Je me suis attaché d'autant plus à prouver ce déplacement, qu'il est d'une conséquence infinie, qu'aucun Auteur n'a paru y faire une attention sérieuse, & que *M. Arnaud* même, sans lui donner aucune dénomination, n'en parle que succintement, comme d'un vice qui ne tire pas à conséquence, & dont il n'admet l'existence qu'en supposant les malades assis sur des siéges très-bas & le Bandage mal construit : moi, je pense au contraire, que celui qui est le mieux fait, ne peut le plus souvent que diminuer ce défaut.

Cependant s'il restoit encore quelques doutes, si les preuves que j'ai données paroissoient équivoques, il en est une irrévocable tirée de la nature des faits dont je crois pouvoir étayer mon opinion.

Si les Bandages bien construits appliqués sur des Hernies naissantes, qui ne sont compliquées d'aucunes maladies & sur des malades encore jeunes, bien constitués & sur lesquels il n'y a aucun déplacement apparent; si ces Bandages, dis-je, retiennent constamment les Descentes, en empêchent les progrès, & mettent les malades à couvert de tout accident,

le défaut de compreſſion eſt idéal, ou de nulle importance; mais ſi le contraire arrive, ſi, comme il eſt prouvé, pluſieurs de ces malades voient leur état s'empirer, ſi leurs Deſcentes augmentent de volume & par ſucceſſion de tems deviennent complètes, on ne peut douter que ce déplacement n'en ſoit la cauſe, ſur-tout ſi l'on n'en peut découvrir d'autres.

J'aurois voulu reſſerrer dans un eſpace plus étroit ce que j'avois à dire ſur cet objet; mais l'importance de la matière m'a entraîné : je pourrois même ajouter bien des choſes, ſi les bornes que je dois me preſcrire ne m'en empêchoient. Je paſſe à la deuxième eſpèce de déplacement.

J'appelle déplacement de pelote, celui dans lequel cette partie du Bandage ceſſe de porter directement ſur l'anneau : j'en diſtingue de trois ſortes; dans le premier déplacement, qui eſt le plus fréquent, la pelote remonte plus ou moins, & laiſſe quelquefois l'anneau à découvert, il ſe fait ſur des ſujets peu muſculeux & chez ceux qui, ſans être abſolument maigres, ont le ventre plat & l'os pubis ſaillant; il y a pourtant certains cas où les perſonnes les mieux conſtituées ſouffrent auſſi ce déplacement; alors ſi l'anneau eſt bas & dilaté, ſi l'on n'a point remédié au défaut du ſous-cuiſſe, qui ſe relâche dans nombre de poſitions; enfin ſi la tumeur eſt ou d'un gros volume ou même d'un petit volume, mais cauſée par la préſence de l'épiploon, il eſt preſque certain que les parties ne ſeront point maintenues conſtamment en leur place.

Le ſecond déplacement de pelote ſe fait en ſens contraire au premier, & arrive à des malades extrêmement replets, chez leſquels la partie inférieure du ventre eſt preſque portée par la pelote, & la diſpoſe, par ſon poids, à deſcendre plus bas qu'il ne faut; beaucoup d'enfans ſont ſujets à ces déplacemens.

L'invention des ſous-cuiſſes & des ſcapulaires n'a pu remédier

que très-imparfaitement à ces déplacemens; en effet, ces bandes n'ont de valeur que dans une ſeule ſituation, c'eſt-à-dire, dans le plan droit; &, dès que le malade s'aſſied ou fléchit le corps, elles ſe relâchent & permettent aux pelotes de remonter ou de deſcendre.

Les reſſorts que l'on a imaginé de river ſur la plaque ou entre deux plaques, ne produiſent pas l'effet que l'on en attendoit, la ceinture de culotte empêche totalement leur action; &, en ſuppoſant que leur jeu fût libre, une pelote ainſi armée ayant trois à quatre pouces d'épaiſſeur, entraîne des embarras & des inconvéniens capables de rebuter les malades.

J'appelle troiſième déplacement de pelote, celui qui a lieu lorſque le malade eſt couché ſur la portion du cercle qui embraſſe la hanche, s'il eſt replet, ſi le bandage eſt neuf & épais en garniture, ſi le malade n'en a jamais porté, cette garniture s'affaiſſe par le poids du corps, le fer ſe moule ſur la hanche, s'enfonce dans les graiſſes & par conſéquent la pelote avance du côté du pubis plus qu'elle ne doit, ce qui peut d'autant plus faciliter la ſortie des parties, que la maſſe des inteſtins eſt rapprochée de l'anneau; mais, quand le malade éviteroit cette ſituation, le déplacement n'en auroit pas moins lieu, il eſt vrai qu'il ſeroit plus long-tems à ſe faire; car on ſait qu'il ſe paſſe quelquefois quinze jours, avant qu'un Bandage ait fait ſon effet: pendant cet intervalle, on le reſſere de tems à autre à meſure que la garniture s'affaiſſe & s'imprime dans les graiſſes; or elle s'affaiſſe & s'imprime plus ſur les hanches que ſur les autres parties; il eſt donc vrai que la ſituation ne fait qu'accélérer ce déplacement.

Reſte à traiter des déplacemens de cercles; j'en établis de deux ſortes, ils ſont ſouvent produits par un vice du Bandage, qui fait que ſon cercle deſcend plus ou moins bas, ſoit ſur l'épine, ce qui caractériſe le premier déplacement, ſoit ſur la hanche, ce qui produit le ſecond; l'un & l'autre ont été obſervés par pluſieurs Auteurs, mais ſuperficiellement, ſans aucune diſtinc-

tion ; le premier cependant en mérite beaucoup, c'eſt pourquoi je le diviſe en complet & incomplet. Le déplacement complet eſt celui dans lequel la queue du cercle deſcend d'un pouce ou deux, ſouvent plus, quelquefois moins, mais toujours aſſez pour que le malade s'en apperçoive par la gêne & la ſenſation douloureuſe qui en réſulte. Le mal-aiſe vient de ce que la queue deſcendant très-bas & en travers ſur les feſſes, gêne la marche & ſemble faire craindre que le Bandage ne tombe tout-à fait dans la culotte ; la douleur eſt l'effet de l'impreſſion de la lèvre inférieure du cercle, qui ſouvent, dans ce déplacement, porte ſeul ſur la peau ; ce déplacement ne peut avoir lieu que ſur des ſujets mal conformés & entièrement dépourvus de graiſſes.

J'appelle ce déplacement incomplet, lorſque la queue du cercle ne baiſſe que de quelques lignes, ou au plus d'un demi-pouce ; alors il eſt ſi peu ſenſible, que les malades ne s'en apperçoivent pas, & c'eſt en cela même qu'il eſt dangereux, parce que ſouvent il induit en erreur & fait chercher bien loin la cauſe des difficultés que l'on trouve à retenir une deſcente, tandis qu'un peu plus en garde, on la trouveroit dans ce vice du Bandage.

Le deuxième déplacement ſe fait à la portion du cercle qui embraſſe la hanche, & arrive lorſque cette partie étant dépourvue de graiſſe, le cercle diſpoſé à gliſſer par un vice dont je vais parler, eſt encore entraîné par le poids des culottes ; ce déplacement eſt le plus douloureux & le plus inſupportable aux malades, parce que quand il a lieu, le cercle, en baiſſant, ne porte que ſur ſa levre inférieure & ſur l'os des hanches qui eſt très-ſenſible & où il excite une douleur proportionnée au degré du vice, aux mouvemens que l'on fait & même au poids des vêtemens.

Dans les Bandages ſimples, ce déplacement change bien quelque choſe à la ſituation de la pelote qui remonte un peu, mais ſans découvrir l'anneau : dans les Bandages doubles, il

eſt d'une toute autre conſéquence, car ſi la pelote qui tient au collet, ſe dérange, & remonte ſeulement d'un quart de pouce, la ſeconde pelote, à raiſon de ſon plus grand éloignement du collet, pourra remonter d'un pouce, & laiſſer l'anneau preſqu'à découvert.

Le déplacement incomplet, & celui dont je viens de parler, peuvent avoir lieu ſur les malades les mieux conſtitués; alors leur principale cauſe eſt la tournure vicieuſe des Bandages qui ne portent point exactement à plat, & dans tous les ſens, ſur toutes les parties qu'ils touchent.

Ce défaut vient, ou de l'ouvrier qui les forge, ou du Bandagiſte qui, ayant été obligé de les *manuter*, aura ſuivi les régles que pluſieurs Praticiens nous ont preſcrites, & qui, pour être conſacrées par l'uſage, n'en ſont pas moins contraires au but que l'on ſe propoſe; c'eſt ce que je vais tâcher de prouver.

Lorſque le Forgeur n'ayant pas bien diſpoſé ſon cercle, lui donne trop de coude, le commence trop près de la plaque, & le continue ſur un trop long eſpace de fer, il en réſulte que la portion qui embraſſe la hanche, eſt plus baſſe que cette plaque, & ne porte que ſur ſa lèvre inférieure; cette mauvaiſe diſpoſition ſe continue juſqu'au bout, c'eſt-à-dire, juſqu'à la queue, qui n'eſt plus parallèle à la plaque; le cercle ainſi vicié, porte de plus en plus ſur ſa lèvre inférieure; la ſupérieure fait une ſaillie plus ou moins forte, ſuivant le degré du vice, & l'épaiſſeur de la garniture; alors ſi la ceinture d'une culotte étroite porte directement ſur ce cercle, ou immédiatement au-deſſus, il eſt preſque impoſſible que, dans les différens mouvemens du corps, il ne baiſſe de quelque choſe, ſoit ſur les hanches, ce qui donne lieu au deuxième déplacement, ſoit ſur les vertèbres, ce qui conſtitue le premier; or, dans ce premier déplacement, on peut ſe convaincre par le témoignage des yeux, que deux ou trois lignes de dérangement ſur cette portion de cercle, produiſent au-moins

autant de diminution de compreſſion à la partie inférieure de la pelote, & il n'en faut pas davantage pour faciliter la ſortie des deſcentes, même de celles qui ne ſont que médiocrement difficiles à contenir.

Une cauſe qui aide encore à ce premier déplacement, c'eſt l'habitude vicieuſe que l'on a de fixer le ſous-cuiſſe à la partie moyenne du cercle; car, pour le peu qu'on le ſerre, il détermine le cercle à deſcendre.

Voilà un défaut contre lequel on n'a jamais été prémuni, & dont les auteurs n'admettent l'exiſtence, que dans ſon plus grand degré, ſans diſtinction ni dénomination, & ſeulement ſur des ſujets appauvris, & abſolument dénués de graiſſes: ce que je viens de dire, montre la néceſſité qu'il y avoit d'aſſigner pluſieurs degrés à ces déplacemens; j'ai tâché de prouver qu'ils pouvoient avoir lieu quelquefois ſur les ſujets les mieux conſtruits, par l'inattention ou l'ignorance de l'ouvrier.

Voyons maintenant ſi le Bandage le mieux forgé, n'eſt pas ſuſceptible d'acquérir ce vice, en paſſant par les mains du Bandagiſte.

On ſait que le Bandage le mieux forgé, ne s'applique pas indifféremment ſur toutes ſortes de malades, que même, en le ſuppoſant fait exprès pour le ſujet, il eſt ſouvent néceſſaire que la *manutention* lui donne le dernier degré de perfection; cela poſé, imaginons qu'un Bandage bien forgé, bien tourné dans toutes ſes parties, ait ſeulement le défaut de trop comprimer à la partie inférieure de la pelote: comme il en réſulteroit nombre d'inconvéniens, on ſe hâte d'y remédier, & voici pour cela les préceptes que pluſieurs Auteurs preſcrivent. « Dans » le cas où la pelote d'un Bandage à gauche comprimeroit » trop à ſa partie inférieure, l'on doit empoigner cette pe- » lote de la main droite, & le cercle du Bandage de la » main gauche, & dans cette poſition, la main droite jetera

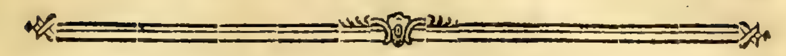
» cette pelote en-dehors.» Il eſt bien vrai qu'en procédant ainſi, l'on paroîtra jeter cette pelote en-dehors; mais comment ne s'eſt-on point apperçu que cette façon de faire eſt illuſoire? que ce n'eſt point effectivement la pelote qui change de poſition, mais ſeulement le cercle du Bandage dont la queue remonte plus haut qu'elle ne doit; ce qui eſt indiſpenſable, parce que cette dernière partie eſt flexible, & que la pelote ne l'eſt pas, encore moins le collet, auquel elle eſt continue: ce n'eſt donc ni l'un ni l'autre qui obéit, & quoique la main droite agiſſe, & que la gauche paroiſſe ne faire qu'entretenir, il n'en eſt pas moins vrai que la première, en voulant corriger le défaut de la pelote, en fait contracter au cercle un autre plus conſidérable: il ſe gauchit, & la queue qui remonte plus ou moins, n'eſt plus parallèle à la pelote; elle acquiert la diſpoſition vicieuſe de porter ſur ſa lèvre inférieure, & par conſéquent d'être ſujet à gliſſer ſur l'épine.

Outre ce premier vice, qui dépend de la *manutention*, il en eſt un autre qui, quoique peut-être moins conſidérable, eſt encore l'effet de la même cauſe; il a lieu lorſqu'on veut *manuter* en ſens contraire; c'eſt-à-dire, lorſque l'on veut augmenter la compreſſion de la partie inférieure de la pelote; alors les mains changent de place, la gauche empoigne la pelote, la droite ſe ſaiſit du cercle, & en agiſſant de la première, on fait rentrer cette pelote en-dedans, c'eſt-à-dire, qu'au lieu de faire remonter le cercle comme dans l'autre cas, on le force à deſcendre en proportion de ce que le défaut qu'on veut corriger, eſt plus ou moins grand, ce qui au moins gêne le malade, & diminue la faculté compreſſive du Bandage, en faiſant perdre le parallèle à ſon cercle.

J'ai tâché de prouver que l'inſtabilité du Bandage, eſt la principale cauſe des difficultés que l'on trouve à retenir les deſcentes; j'ai indiqué les déplacemens qui y donnent lieu,

& leurs différens degrés ; il me reste maintenant à proposer les corrections que je crois propres à prévenir ces divers inconvéniens, & à donner au Bandage une action stable & permanente dans toutes les situations ; ce travail sera la matière d'un second Mémoire.





SECOND MÉMOIRE
SUR
Les moyens de corriger les défauts des Bandages énoncés dans le Mémoire précédent.

Pour exposer avec méthode les moyens de remédier aux défauts de la plupart des Bandages dont on a coutume de faire usage, je suivrai l'ordre des divers déplacemens que j'ai établi dans le premier Mémoire.

J'ai d'abord dit que je reconnoissois deux déplacemens de corps, dont le premier, & encore plus le second, occasionnent un vide à la partie supérieure de la pelote, quelquefois aussi à la partie moyenne, ou au moins une diminution de compression ; c'est donc sur ces deux parties de la pelote, que les corrections doivent porter, car si le Bandage est bien appliqué, s'il a la réaction nécessaire, s'il est serré comme il convient, & si le malade ne s'assied pas sur des siéges très-bas, il est certain que la partie inférieure de la pelote, reste fixée sur le pubis, à moins que la maigreur du malade n'oblige le Bandage à remonter ; alors ce n'est plus un déplacement de corps, mais de la pelote, qui glisse par le défaut du sous-cuisse, & c'est positivement ce qui caractérise le premier déplacement de pelote dont j'aurai occasion de parler dans la suite, en indiquant le moyen d'y remédier.

Si ceux qui ont cherché à perfectionner les Bandages, avoient bien reconnu la véritable cause des déplacemens dont il est question, ils se seroient moins occupés de la partie inférieure de la pelote ; cependant le Bandage à vis de M. *Delaunay*,

celui à ressort, à noix (que plusieurs Auteurs ont anciennement revendiqués), ne paroissent avoir d'autre objet que d'augmenter la compression de cette partie inférieure, d'où nécessairement il résulte un inconvénient qui n'a point échappé au génie observateur de M. Arnaud. « Quelques-uns (dit-il), » ont voulu augmenter le point de compression, en ajoutant » à la pelote un ressort à noix, avec un arc-boutant qui fixe » cette noix, & qui fait approcher davantage la pelote par » le bas, sans considérer que si l'on augmente la compression » dans la partie inférieure, on la diminue dans la partie su-»périeure, & la hernie s'échappe par le haut. »

Quoique l'Auteur, que je viens de citer, ne trouve aucun mérite à cette invention, je crois cependant qu'il est des circonstances où elle peut être de quelque utilité; par exemple, lorsque les malades sont si fort chargés d'embonpoint, que le volume de la graisse empêche la compression immédiate de la pelote; mais alors le Bandage à vis me paroîtroit mériter la préférence.

Pour ne point tomber dans l'inconvénient opposé à celui que M. Arnaud a relevé; c'est-à-dire, pour augmenter la compression des parties supérieures & moyennes de la pelote, sans diminuer celle de la partie inférieure, j'ai imaginé un Bandage qui me paroît propre à remplir cet objet; mais, pour me rendre plus intelligible dans la description que je vais en faire, je crois qu'il ne sera pas inutile d'établir quelques généralités sur la division des Bandages.

On divise ordinairement un Bandage nud en cercle & en plaque ou platine : dans le cercle, on distingue deux faces, l'une convexe, l'autre concave; deux bords ou lèvres, l'un supérieur, l'autre inférieur, & deux extrémités, dont l'une, qui tient à la plaque, se nomme le collet, & l'autre la queue : la plaque se divise en faces & en bords; chaque face se distingue en antérieure & postérieure, & se subdivise en partie supérieure, moyenne & inférieure.

Des bords, il y en a un ſupérieur, un inférieur, & deux latéraux, dont l'un eſt interne & l'autre externe; la longueur de la plaque ſe prend de la partie ſupérieure à l'inférieure, & ſa largeur d'un bord latéral à l'autre; lorſque la plaque eſt garnie, on lui donne le nom de pelote ou écuſſon; le Bandage, qui n'a qu'une pelote, eſt ſimple; s'il en a deux, il eſt double.

Lorſqu'il entre deux plaques ou platines dans la compoſition d'un Bandage ſimple; j'appelle antérieure celle qui eſt la plus éloignée du corps, & poſtérieure celle qui eſt la plus proche; ces diviſions, que je pourrois étendre beaucoup plus loin, me paroiſſent ſuffiſantes pour faciliter l'intelligence des corrections que je vais avoir l'honneur d'expoſer à l'Académie.

Pour remédier aux deux déplacemens de corps dont j'ai parlé, j'emploie un Bandage compoſé de deux platines, jointes par charnières à leur partie inférieure; la plaque poſtérieure eſt miſe en mouvement par l'action de deux reſſorts, qui ſont rivés près du bord ſupérieur de la plaque antérieure, & s'étendent latéralement juſqu'au bas de la poſtérieure. PLANC. I, *Fig. IV & V.*

Au moyen de cette ſimple mécanique, la platine poſtérieure mobile dans toute ſa longueur, s'éloigne ou ſe rapproche de l'antérieure par degrés, ſuivant le beſoin, & en proportion du plus ou moins de réſiſtance que lui offrent les parties.

Le malade étant debout, les deux platines ſe touchent pour l'ordinaire, ou laiſſent très-peu de diſtance entr'elles.

Dans la flexion du corps, elles s'éloignent plus ou moins, ſuivant les circonſtances: dans la ſituation horizontale, l'écartement eſt encore plus conſidérable, parce qu'alors l'affaiſſement des parties occaſionne un plus grand vide.

Enfin la pelote n'agit pas ſeulement par ſa partie ſupérieure, pour produire l'effet qu'on en attend; la moyenne, qui

répond directement à l'anneau, se rapproche également du corps, en raison du vide qu'elle a à remplir.

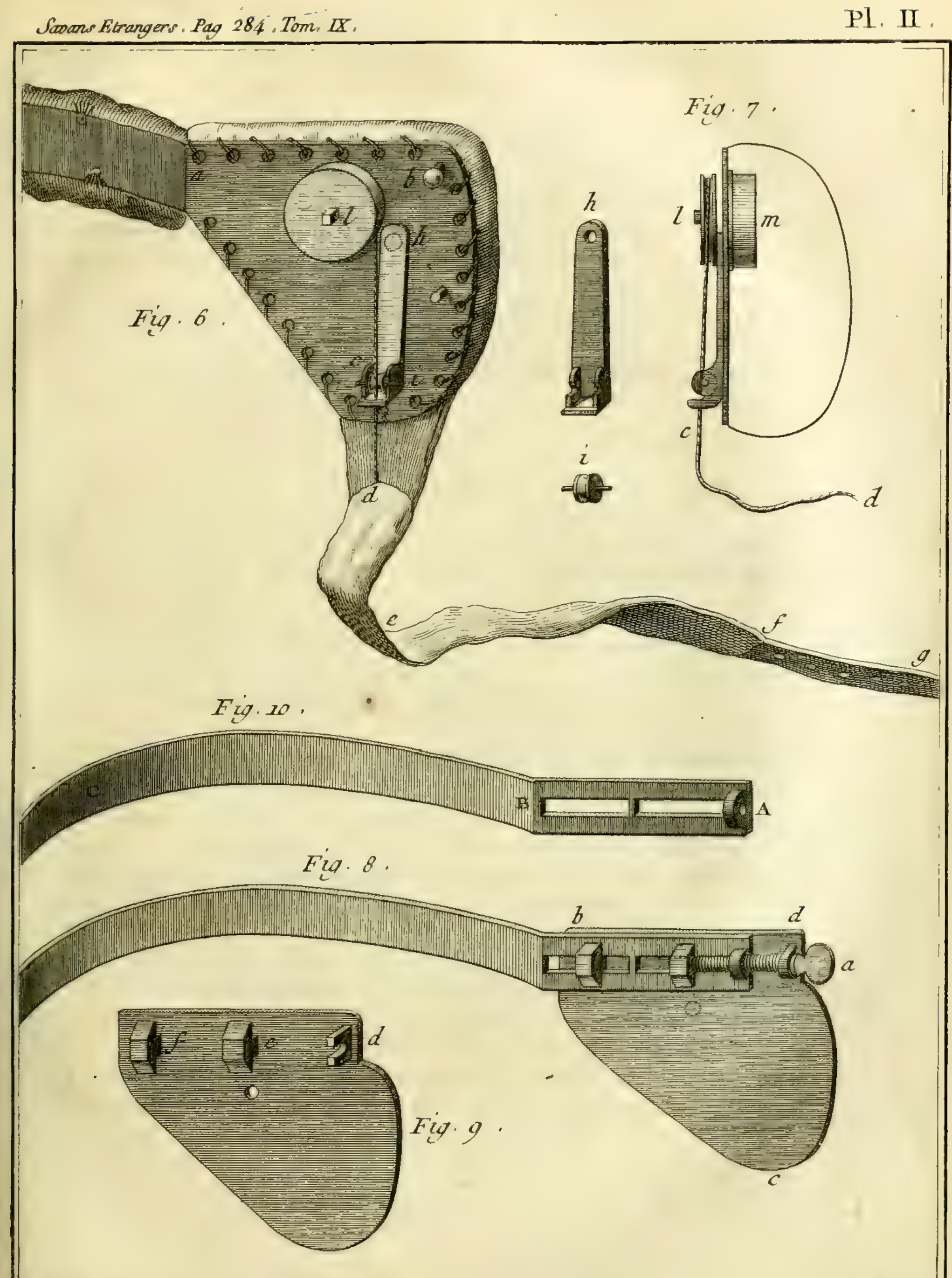
Pendant ces différens changemens, la partie inférieure de la pelote, disposée pour faire une pression suffisante, reste ordinairement fixée sur le pubis, & si, par quelques circonstances, qui ne peuvent dépendre de la mécanique du Bandage, elle ne comprimoit pas assez, on auroit toujours les ressources de la manutention, qui ne peut en rien diminuer le jeu des ressorts.

J'ajoute encore que les vêtemens ne peuvent nuire à l'action de ce Bandage, & que la mécanique agissant de bas en haut, n'en est que mieux disposée pour soutenir les parties.

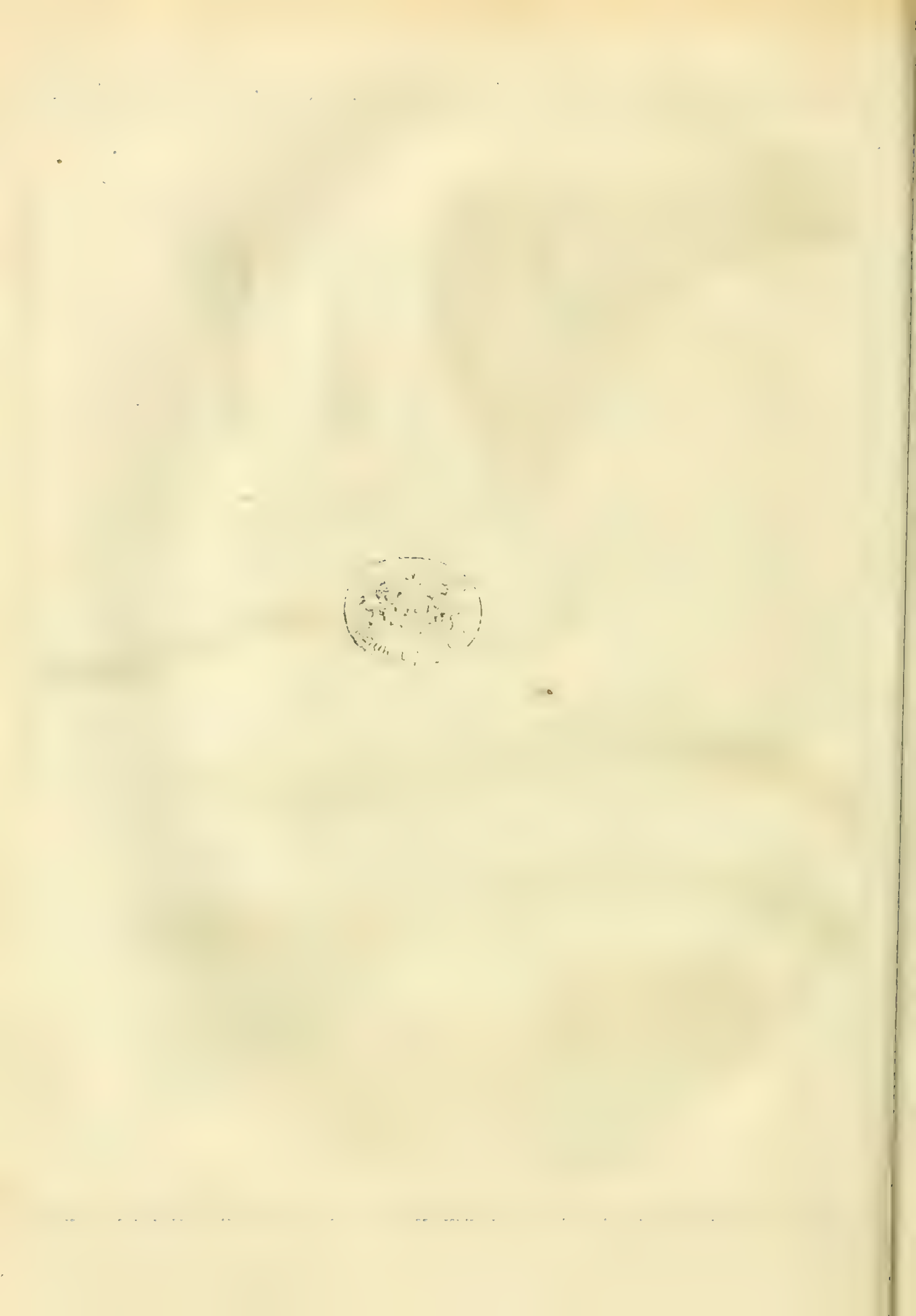
Je passe aux corrections propres à remédier aux trois déplacemens de pelote, & à l'empêcher de remonter, de descendre, ou de se porter trop, ou trop peu en avant: comme la pelote remonte plus souvent qu'elle ne descend, & que ces deux déplacemens se corrigent l'un comme l'autre, c'est au premier que j'appliquerai mes moyens.

J'ai dit que ce déplacement arrivoit plus fréquemment aux sujets maigres & mal constitués; cependant il est nombre de circonstances où les personnes replètes, attaquées de hernies glissantes & difficiles à contenir, sont obligées d'avoir recours aux sous-cuisses, dans l'espérance de pouvoir, par leur moyen, maintenir leur Bandage; il suffit de connoître la disposition que ces sortes de Bandes ont à se relâcher dans les différentes attitudes & l'effet qui en résulte, pour sentir combien elles sont peu propres à remplir l'objet qu'on se propose.

PLANC. II, *Fig. VI, VII.* Pour remédier à ce vice, je me sers d'un barillet avec son ressort, tel que ceux que les Horlogers emploient, à l'exception du rocher, que l'on peut cependant ajouter, si l'on a besoin d'augmenter ou diminuer la force du ressort; ce barillet, qui est caché en partie dans l'épaisseur de la



Goussier Del. *Benard Sculp.*



plaque, près de ſon bord ſupérieur, eſt couronné par une longue poulie fixée ſur ſon arbre.

A côté eſt une baſcule preſque de la longueur de la plaque; cette baſcule, fixée à ſa partie ſupérieure, par une vis à tête perdue ou fraiſée, eſt revêtue à ſa partie inférieure, d'une chappe qui loge une petite poulie poſée ſur champ, & maintenue par une goupille qui traverſe la chappe.

Cette baſcule n'étant fixée à ſa partie ſupérieure, que par une vis qui ne gêne point ſes mouvemens, elle a la liberté de parcourir preſque un demi-cercle ſur la plaque, vers ſa partie inférieure.

Une corde à boyau, qui part de la grande poulie ſur laquelle elle fait un tour, vient gagner la baſcule, & après avoir parcouru ſa longueur, vient paſſer ſur la deuxième poulie, pour ſortir par un petit trou fait à la chappe, & enſuite être fixée par pluſieurs points d'aiguille à l'un des bouts du ſous-cuiſſe.

Pour empêcher le frottement des vêtemens de nuire à l'action du reſſort, toute cette mécanique eſt recouverte par une lame d'acier très-mince, qui s'ouvre à charnieres.

Pour que cette machine rempliſſe ſon objet, il faut que le malade ait l'attention d'attacher le ſous-cuiſſe étant debout; qu'avant de le fixer par derrière au bouton deſtiné à cet uſage, il le tire aſſez pour l'éloigner de la pelote, au moins d'un pouce, alors à chaque mouvement du corps qui relâchera le ſous-cuiſſe, le reſſort le fera remonter.

Il obéira donc à tous les mouvemens, & tiendra toujours le ſous-cuiſſe au degré de tenſion néceſſaire, & par conſéquent empêchera la pelote de remonter.

Au reſte, dans cette correction, comme dans celle que j'ai indiquée pour remédier aux déplacemens de corps, l'on

peut & l'on doit proportionner la force des reſſorts à celle des malades, & au degré de la maladie.

Si, dans le ſecond déplacement où la pelote deſcend trop bas, le ſcapulaire dont on fait ordinairement uſage, étoit inſuffiſant, parce qu'il eſt également expoſé à l'inconvénient du relâchement des Bandes, on pourroit ſe ſervir des mêmes moyens, en diſpoſant le reſſort pour agir en ſens contraire.

A l'égard du troiſième déplacement de pelote, dans lequel cette partie ſe porte en avant, pour y remédier, je fais uſage d'une vis de rappel, qui, par la plus petite gradation, ramène la pelote vers l'os des îles au point deſiré.

PLANC. II, *Fig. VIII, IX & X.* Cette même vis agiſſant dans un ſens contraire, porte auſſi la pelote en avant, c'eſt-à-dire, vers le pubis, ce qui peut devenir très-utile dans pluſieurs circonſtances.

Par exemple, ſi un malade, dans un état de maigreur, porte un Bandage dont les rapports ſoient parfaits, & dont la juſte application produiſe l'effet qu'il en attend; ſi, dis-je, ce malade vient à prendre de l'embonpoint; alors le Bandage éprouvera néceſſairement un déplacement, parce que le volume de la graiſſe, qui recouvre les hanches, éloignera en proportion la pelote du pubis; dans ce cas, la vis de rappel ſervira à rapprocher la pelote, & à épargner les frais d'un nouveau Bandage, qui, ſans ce moyen, deviendroit indiſpenſable.

Outre ces avantages qu'on ne peut révoquer en doute; cette mécanique en préſente encore une autre, en pouvant remédier, juſqu'à un certain point, à l'inexactitude des meſures que les malades de la Province envoient aux Bandagiſtes qu'ils ne ſont point à portée de conſulter.

Pour bien ſentir l'effet de la vis de rappel dont il eſt queſtion, il eſt bon d'obſerver que le cercle du Bandage, au lieu d'être d'une ſeule pièce avec la plaque, comme il eſt

d'uſage, doit être forgé ſéparément, & qu'il faut avoir l'attention de donner à ſon collet autant de longueur que la plaque a de largeur à ſa partie ſupérieure.

Dans l'épaiſſeur de cette alonge du cercle, l'on pratique une couliſſe pour donner paſſage à deux conduits à chapeau, qui, d'une part, traverſent la plaque ſur laquelle ils ſont rivés & fixés ſolidement, & dont les têtes de l'autre part, recouvrent les bords du cercle, ſans y être attachés.

La vis, ainſi que la partie du cercle à laquelle elle répond, eſt placée le long du bord ſupérieur de la plaque; ſa tête affleure le bord latéral interne de cette même plaque, qui, pour cet effet, eſt échancrée.

Au bord de l'échancrure eſt un petit collet, qui embraſſe la vis immédiatement au-deſſous de ſa tête, & qui eſt fixe & rivé ſur la plaque, le bout du cercle eſt taraudé pour recevoir la vis qui, chaque fois qu'on la ſerre ou deſſerre, force la plaque à s'éloigner ou à ſe rapprocher.

Il me reſte à parler des corrections propres à remédier aux deux déplacemens de cercle; ils reconnoiſſent approchant les mêmes cauſes; le premier dont je parle d'abord, ſe fait par la mauvaiſe conformation ou du Bandage ou du malade, par ſa négligence ou ſon peu d'aptitude, enfin par le défaut de ſes vêtemens.

Pluſieurs Auteurs ont déjà indiqué les moyens de remédier à la plupart de ces inconvéniens, & les malades, en ſe rendant plus ſoigneux & plus attentifs, en portant des culottes hautes & larges, & en y joignant des bretelles, parviennent eux-mêmes à corriger ces défauts; il n'en eſt pas de même des vices de conformation, qui préſentent plus de difficultés, & exigent un artiſte inſtruit, pour déterminer, ſuivant les circonſtances, les moyens convenables qu'il faut employer.

Ces moyens juſqu'à ce jour, ſe ſont bornés principalement

à la manutention du Bandage, ou à se servir de bandelettes pour fixer la queue; mais l'expérience journalière démontre que le plus souvent elles sont insuffisantes, & n'empêchent pas que le déplacement n'ait lieu.

PLANC. III, *Fig. XI.* Comme ce vice est essentiel, qu'il cause de la douleur, donne prise aux ceintures de culottes, & dispose le Bandage à se déplacer, je crois pouvoir y remédier, en fendant le cercle en deux parties, suivant sa longueur, jusqu'à la portion qui embrasse la hanche à laquelle, ainsi qu'au collet, je laisse toute sa force.

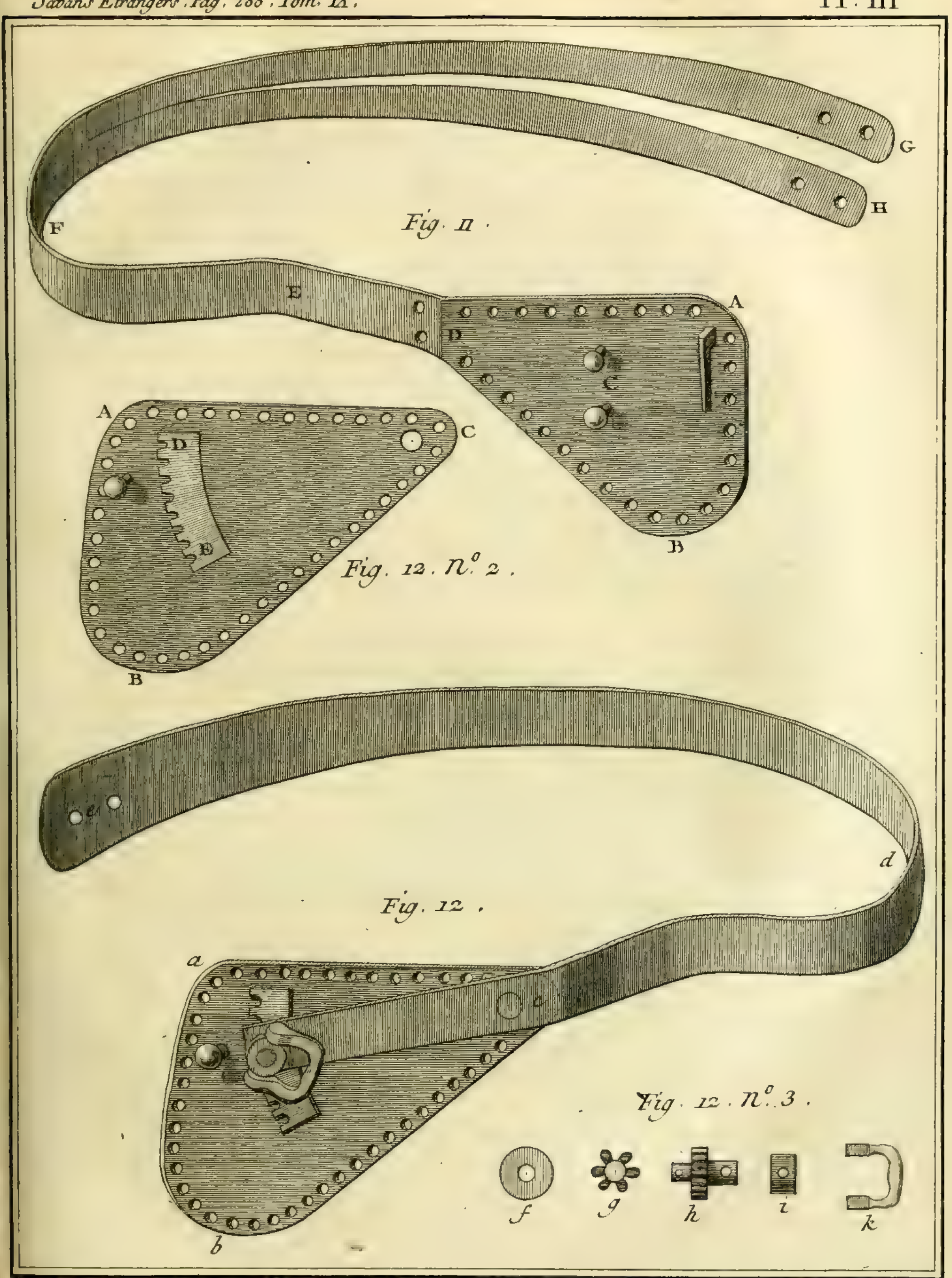
Ces deux lames, plus étroites & plus flexibles, acquièrent la facilité de mieux s'appliquer à la région lombaire, leur écartement leur permet de s'insinuer (sur-tout dans les personnes maigres) entre les éminences saillantes des vertèbres, où elles trouvent un point de résistance qui les empêche de glisser; sur les malades replets, elles s'impriment plus facilement dans les graisses, & y restent fixées avantageusement.

Enfin le Bandage conserve la même réaction, &, ce qui n'est pas indifférent, c'est que chacune de ces lames armée d'une courroie, peut agir séparément ou ensemble, suivant qu'il est nécessaire: ces deux courroies arrêtées à deux crochets qui sont rivés sur la plaque, assujétissent beaucoup mieux le Bandage; celle d'en-bas sur-tout paroît augmenter la pression de la partie moyenne de la pelote (effet qu'une seule ceinture ne produit pas).

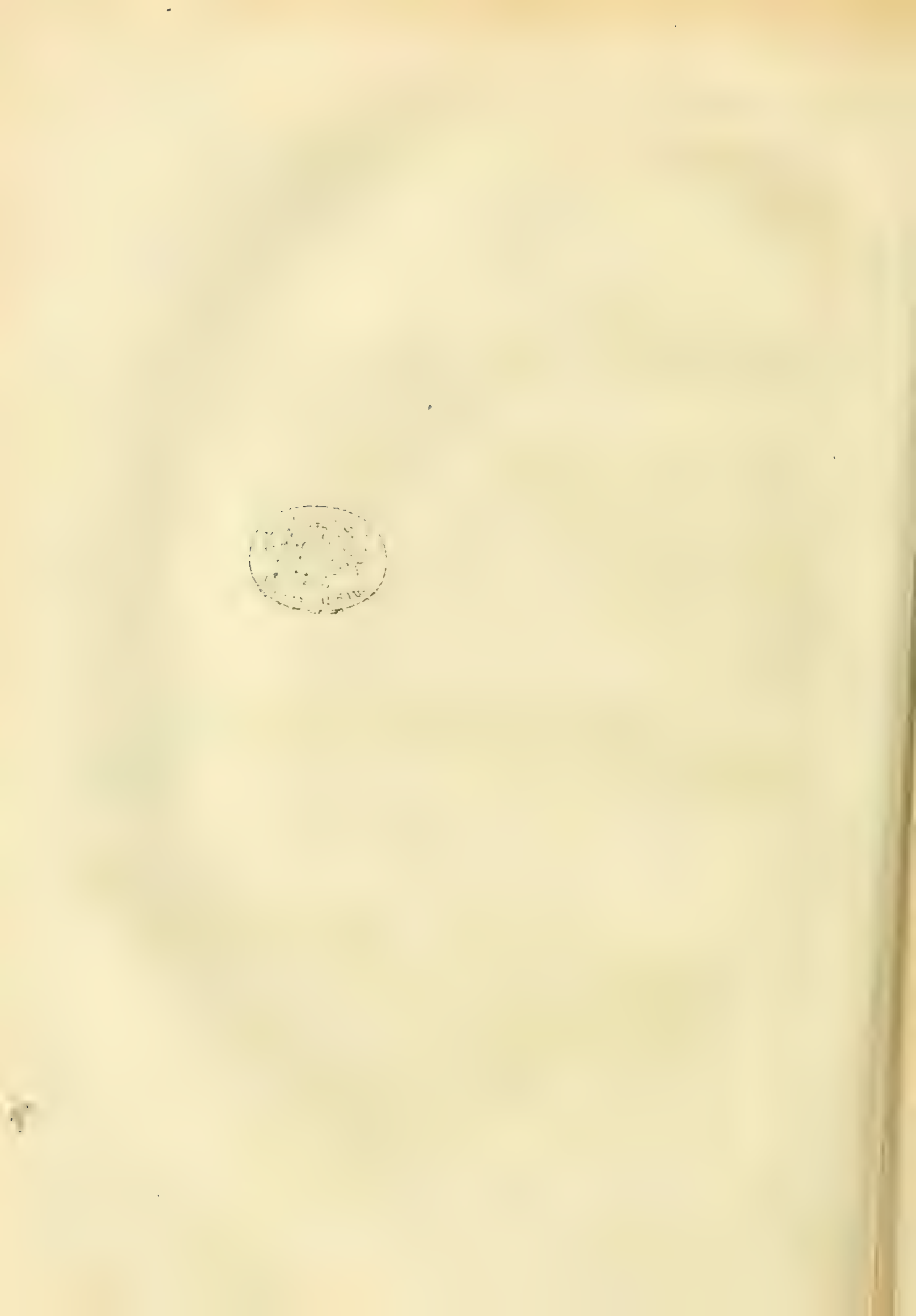
J'ajoute encore que le Bandage ne perd rien de sa solidité, parce que j'ai la précaution de ne point diminuer la force de la partie qui embrasse la hanche, ni celle du collet où se passent les plus grands efforts du Bandage, & où il casse le plus ordinairement.

Mais que deviendra la manutention prescrite par différens Auteurs, & dont j'ai déjà fait voir les inconvéniens? L'inspection seule de ce Bandage suffit pour démontrer qu'elle ne

peut



Goussier Del. *Benard Sculp.*



peut plus avoir lieu ; car, en prenant la queue du cercle pour faire lever ou baiſſer la pelote, comme il eſt d'uſage, les lames ſe fauſſeroient, ou ſe croiſeroient l'une ſur l'autre, & le moyen de les rétablir, ne ſeroit pas facile ; auſſi ce n'eſt pas de cette façon que je procède : le collet étant la partie la plus forte, & celle ſur laquelle on veut directement manuter, il me paroît plus naturel & plus méthodique de diriger ſes efforts vers cette partie.

Pour y réuſſir, je me ſers de deux pinces à vis, dont l'une embraſſe le bord inférieur du cercle, & l'autre ſon bord ſupérieur, de manière qu'il ſoit contenu dedans ſur ſon plat.

Je place la première de ces pinces la plus près qu'il m'eſt poſſible de la plaque, & la ſeconde, à deux pouces ou environ de diſtance ; c'eſt dans cet intervalle que ſe fait la manutention, de ſorte que la pince la plus proche de la plaque la fait aiſément baiſſer ou lever, pendant que la ſeconde ne ſert qu'à contenir le cercle, & à former le point d'appui.

Alors le cercle ſe contournant un peu dans cet endroit, diſpoſe la plaque à produire plus ou moins de compreſſion, ſans expoſer la queue au moindre changement : ſi le vice à corriger étoit conſidérable, en forçant la manutention, le fer pourroit acquérir une diſpoſition à préſenter ſa lèvre inférieure ; mais ce ſeroit directement vers le pli de la cuiſſe, où l'enfoncement qui s'y trouve ordinairement, indique une garniture plus épaiſſe, qui ſuffiroit pour corriger ces petits défauts ; ces pinces dans le beſoin, ſont également propres à redreſſer le cercle dans tous les points de ſa circonférence.

Malgré l'avantage de ces corrections, il eſt des circonſtances où elles deviennent inſuffiſantes pour remédier au déplacement complet du cercle dont il eſt principalement queſtion ; alors il faudroit employer un barillet placé derrière & au-deſſus du cercle, & auquel viendroit s'attacher une bande de futaine paſſée ſur l'épaule.

Quant au deuxième déplacement, qui ſe fait ſur la partie du cercle qui embraſſe la hanche, & y cauſe une douleur très-vive (comme *M. Arnaud* l'a obſervé,) on y remédie quelquefois en ſubſtituant au Bandage coudé, un collet droit, dont la lèvre inférieure ſe déjette en dehors, & qui, en partant de la plaque, ait une légère diſpoſition à remonter ſur la hanche.

Planc. III, *Fig. XII.*

Si ce moyen eſt inſuffiſant, j'emploie un autre Bandage; dont voici la deſcription. La platine & le cercle de ce Bandage ſont forgés ſéparément : la première eſt fendue ſur la hauteur; cette fente, d'environ un pouce & demi, eſt dentelée au rebord qui regarde la cuiſſe, le cercle du Bandage eſt fixe à la plaque vers ſon collet, avec un ſeul rivet aſſez lâche pour lui permettre de ſe mouvoir; ce cercle eſt percé à ſon extrémité antérieure, vis-à-vis l'ouverture de la plaque, un pignon qui traverſe le trou du cercle à l'ouverture de la plaque, engraine avec les dents de cette dernière, & donne la facilité de baiſſer le cercle, en tournant un anneau qui répond au pignon, & le cercle, en baiſſant vers la partie inférieure de la plaque, hauſſe en proportion, ſur la partie qui embraſſe la hanche, & reſte fixe à la diſtance que l'on veut.

A l'aide de cette mécanique, non-ſeulement le cercle remonte, mais ſa lèvre inférieure ſe rejette d'autant en dehors; & ſi, malgré cette correction, & la précaution de fixer la ceinture par deux courroies, il deſcendoit encore un peu au-deſſous de ſa poſition naturelle, il ne cauſeroit aucune douleur, parce qu'il porteroit à plat.

Si, outre la mauvaiſe conformation du malade, il ſe trouvoit encore des obſtacles produits par la nature de la maladie, c'eſt-à-dire, ſi la hernie étoit ancienne, d'un gros volume, & cauſée par la préſence de l'épiploon, comme ces ſortes de deſcentes offrent des difficultés preſque inſurmontables, je crois qu'on pourroit joindre à cette mécanique la Méthode de M. *Camper*, & donner au cercle du Bandage

la longueur néceſſaire pour ceindre un peu plus des trois quarts & demi du corps : malgré les embarras & les inconvéniens qu'entraîne néceſſairement l'uſage de ces ſortes de cercles, & dont l'Auteur convient lui-même avec franchiſe, le défaut de moyens plus convenables, m'a quelquefois obligé de les employer, & je crois que l'on auroit une parfaite réuſſite, ſi leur forme & la manière dont il faut les mettre, ne les rendoient pas incapables de conſerver long-tems leur réaction.

Comme il pourroit ſe trouver (quoique très-rarement) des circonſtances où il ſeroit néceſſaire de joindre pluſieurs de ces corrections ſur le même Bandage, pour faire voir que la choſe eſt facile, j'en ai fait fabriquer un, ſur lequel je les ai réunies toutes les quatre, & dont la deſcription ſeroit inutile, puiſqu'il ne contient qu'une poulie de plus, & un changement de place dans le barillet. PLANC. IV, *Fig. XIII, XIV, XV, XVI.*

Ce Bandage, quoique très-compoſé, ne paroît cependant ni plus lourd, ni plus embarraſſant que la plupart des brayes ordinaires, & beaucoup moins que certains Bandages de nouvelle invention, qui n'ont pas une utilité auſſi étendue.

D'après les corrections que je viens d'indiquer, & la diviſion des cauſes qui les rendent néceſſaires, il eſt facile de juger du degré de confiance que l'on peut donner à la plupart des Bandages que l'on annonce chaque jour, & dont l'on vante les effets merveilleux pour contenir toutes ſortes de deſcentes.

Je conviens qu'il en eſt dans le nombre qui peuvent réuſſir dans pluſieurs circonſtances ; mais j'oſe dire avec la même franchiſe, que je n'en connois point qui puiſſe remplir toutes les indications qui ſe préſentent : je dis plus ; le même Bandage qui auroit la propriété de remédier à un déplacement, peut être inutile, & même dangereux dans une diſpoſition contraire.

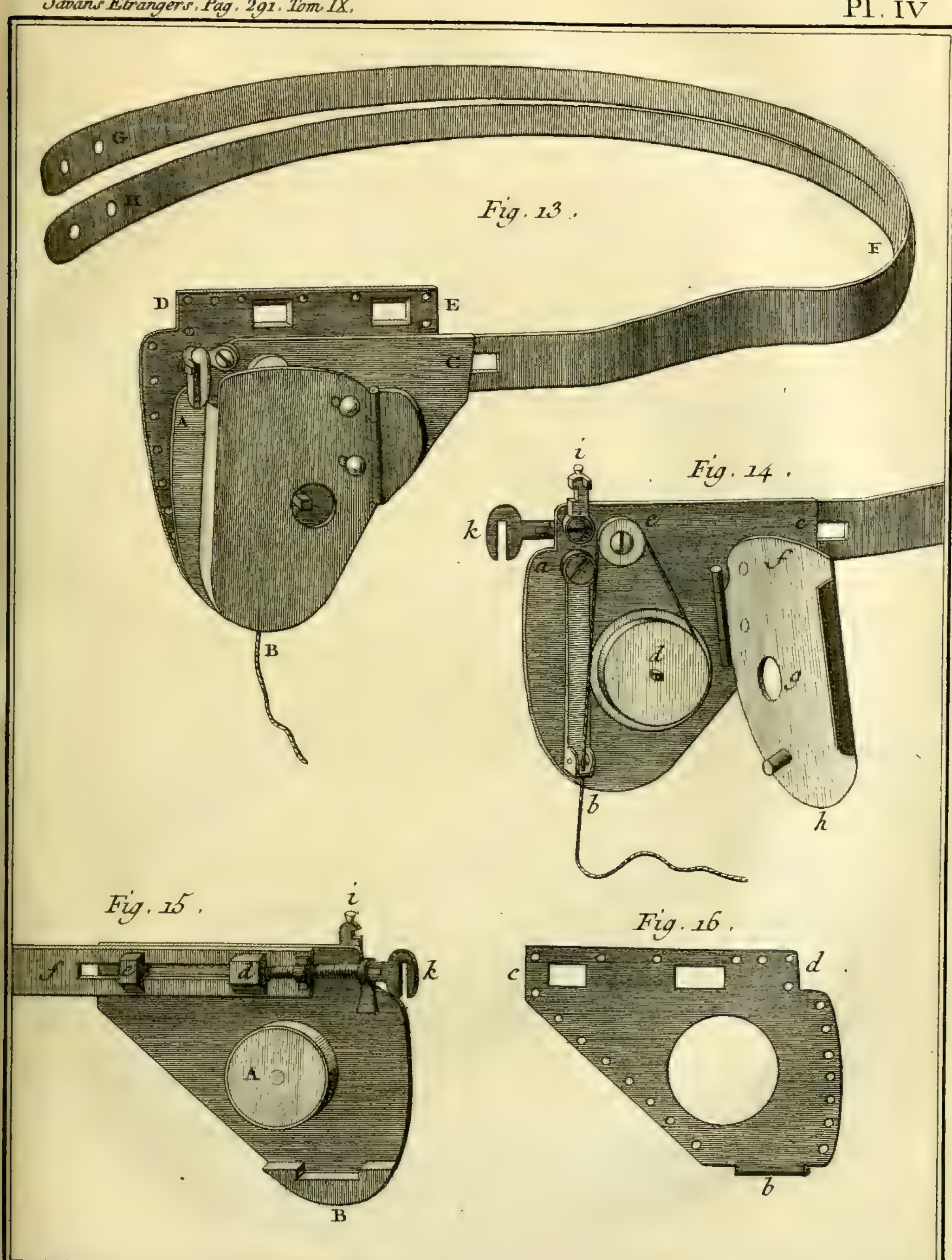
Plus les cauſes des déplacemens ſont multipliées, plus elles

exigent de moyens variés ; c'eſt une vérité dont conviennent (au moins intérieurement), tous ceux qui annoncent leurs Bandages comme propres à tout âge, à tout ſexe, & à toute maladie.

Le zèle avec lequel l'Académie éclaire les Arts, & facilite leurs progrès, l'empreſſement de chacun de ſes Membres à mettre ſous les yeux du Public les fruits de leurs travaux, m'ont facilité les moyens de perfectionner un Bandage imaginé depuis plus d'un ſiècle, & que ſes défauts ont depuis long-tems fait abandonner. (Je veux parler du Bandage de fil de fer.)

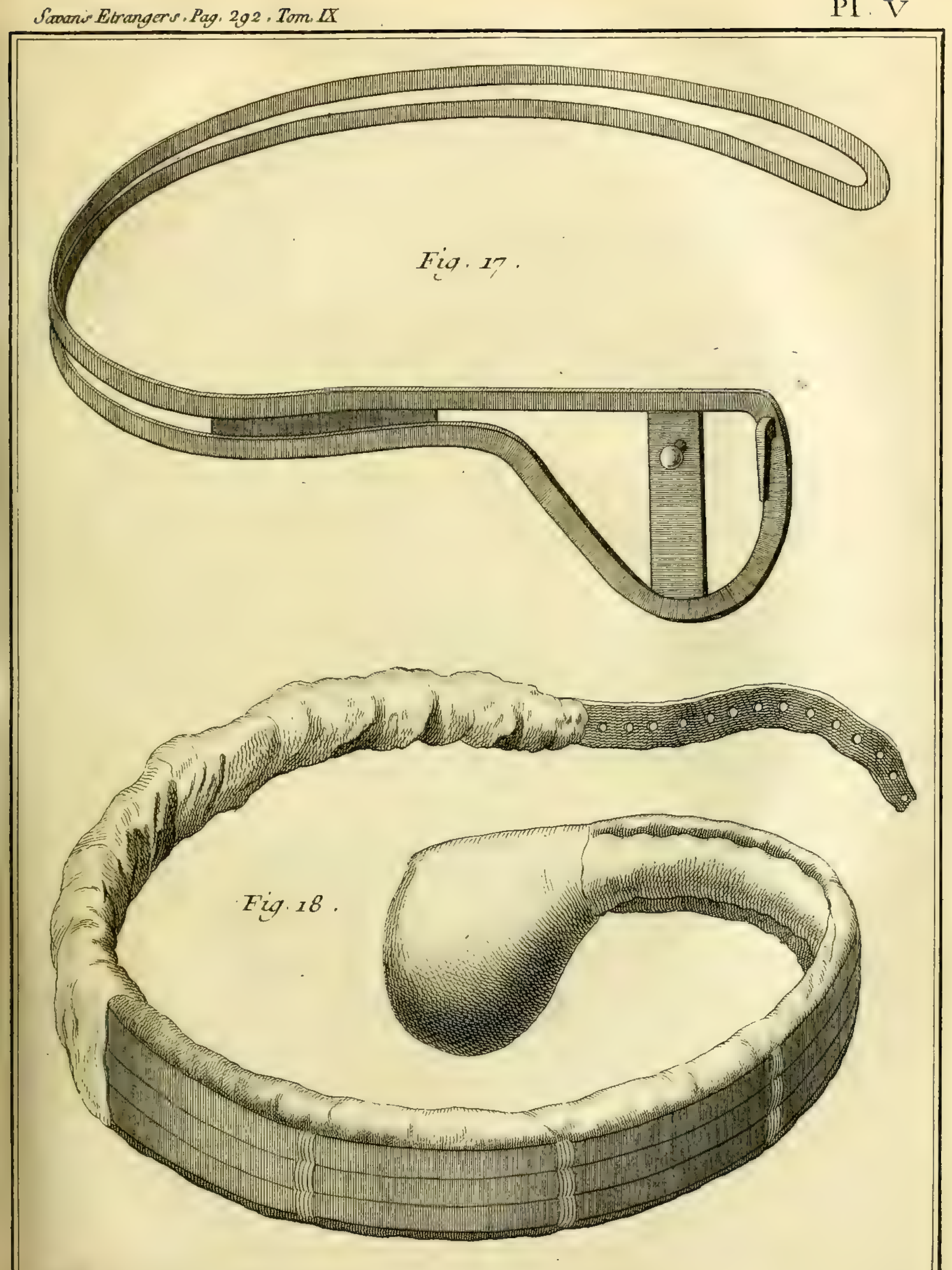
PLANC. V, *Fig. XVII* & *XVIII.* D'abord je m'étois imaginé que la mauvaiſe qualité de la matière, pouvoit contribuer aux inconvéniens qu'on lui reprochoit; mais, en liſant l'art du fil de fer par M. *Duhamel Dumonceau*, j'ai vu au contraire quels ſoins l'on apporte pour choiſir le meilleur fer ; j'ai appris qu'il faut que les différentes eſpèces que l'on emploie, aient été forgées & tirées dans les allemanderies, que l'on avoit l'attention de n'y laiſſer ni pailles, ni criſſures, ni grains ; enfin j'ai appris que les marteaux de l'allemanderie en alongeant les barres de fer, leur donnent du nerf, les rendent plus ductiles, ce qui joint aux opérations de la filière force les fibres à s'alonger & s'étendre ſur un même plan, & par conſéquent à acquérir plus de ſolidité.

Tant de perfections réunies étoient ſuffiſantes pour me déterminer à en eſſayer l'uſage ; je ſavois que *M. Lequin* employoit le fil de fer tel qu'il ſort de la filière, j'ai ſuivi d'abord le même procedé ; &, après pluſieurs eſſais dont je n'eus pas lieu d'être ſatisfait, je compris enfin que je n'obtiendrois aucune réaction, tant que le fil de fer conſerveroit ſa rondeur & qu'il ne ſeroit pas écroui ; à cet effet, en forgeant un peu le fil de fer, puis le battant à froid pour l'applatir en l'écrouiſſant, je ſuis parvenu à le rendre propre à remplir ſon objet ; ſa réaction eſt parfaite ; je crois même



Gaussier Del. Benard Sculp





Goussier Del.

Benard Sculp.



qu'il eſt ſuſceptible d'acquérir plus de reſſort que le fer en lames.

Outre cet avantage, ce Bandage réunit pluſieurs autres perfections, il eſt moins lourd que ceux dont on a coutume de ſe ſervir, il s'applique mieux dans tous les ſens, & ſe moule plus exactement ſur le corps, parce que ſes branches peuvent ſe mouvoir ſéparément, par conſéquent il eſt moins ſujet à ſe déplacer.

Les perſonnes délicates, les femmes ſur-tout dont l'imagination alarmée ſe fait ſouvent une idée déſagréable de la gêne & de l'incommodité des Bandages, n'en craindront plus tant l'uſage.

Celui de fil de fer réuniſſant aux qualités eſſentielles des autres Bandages beaucoup plus de légèreté & de flexibilité, ne doit pas leur paroître plus redoutable ni plus incommode que les corcets baleinés qu'elles portent journellement.

Il me reſteroit encore beaucoup de choſes à dire ſur les points de vue de cure radicale ou palliative que préſentent les corrections dont j'ai fait mention; mais les bornes d'un Mémoire, peut-être déjà trop long, ne me permettent pas d'entrer dans tous ces détails, je les réſerve pour un Traité de Bandages, dans leſquels tous ces objets ſeront diſcutés plus au long.

Avant de finir, je crois cependant ne pouvoir me diſpenſer d'obſerver que ſi les idées que je viens de ſoumettre au jugement de l'Académie, lui paroiſſent de quelque utilité, ſi ces idées rectifiées par l'expérience & l'obſervation, pouvoient un jour contribuer à la perfection des Bandages; les bons effets qui en réſulteroient pourroient diſpenſer les Malades attaqués d'Hernies d'avoir recours à ces opérations cruelles & dangereuſes, qui ſemblent n'avoir été conſeillées & pratiquées, juſqu'à ce jour, que pour mettre les Malades à l'abri

des incommodités & des accidens auxquels les Bandages défectueux les exposent.

Quoique les corrections que je viens de décrire, soient le fruit d'une longue Expérience, d'un travail réfléchi & des conseils d'un célèbre Chirurgien, sous les yeux duquel je travaille depuis vingt ans, cependant je conviens qu'il peut se trouver des circonstances où elles paroîtront insuffisantes.

J'ai tâché de me rendre utile & de contribuer aux progrès de l'Art, mais je ne me flatte point d'être parvenu au but desiré : trop heureux, si mes idées peuvent en faire naître de plus avantageuses, & si mes foibles essais peuvent servir d'échelon pour atteindre à la perfection.



EXPLICATION DES PLANCHES.

PLANCHE PREMIÈRE.

CETTE PLANCHE contient deux Bandages.

Les Figures, 1, 2, 3, repréſentent le Bandage d'épreuve.

Les Figures 4, 5, repréſentent le Bandage qui ſert à remédier aux déplacemens de corps.

FIG. I.ere *Plaque du Bandage d'épreuve vue du côté antérieur.*

ABC. *Les têtes des trois vis, qui traverſent les trois cylindres & la pelote du Bandage repréſentée par la fig. 3.*

D. *Boucle où va ſe fixer la courroie du Bandage.*

EF. *Portion du cercle revêtue de ſa garniture.*

FIG. II. *La même plaque vue du côté oppoſé.*

ABC. *Les pointes des trois vis qui traverſent les cylindres rivés à la platine.*

D. *Portion de la boucle.*

E. *Collet du cercle auquel la plaque eſt fixée par deux rivets.*

FIG. III. *La pelote du Bandage vue du côté qui touche à la plaque.*

ABC. *Les trois trous qui reçoivent les trois cylindres repréſentés dans la figure précédente.*

E. *Entaille pour recevoir le collet du cercle.*

FIG. IV. ABCD. *Platine antérieure & fixe.*

CD. *Charnière qui joint les deux plaques.*

EF. *Partie ſupérieure de la platine poſtérieure & mobile.*

B. *Paſſant ſous lequel s'engage la courroie du Bandage.*

H. *Bouton pour accrocher la courroie.*

FIG. V. *Profil du même Bandage.*

BD. *Plaque fixe.*

FD. *Plaque mobile revêtue de ſa pelote.*

FD. *Eſt auſſi un des deux reſſorts, qui font ouvrir la plaque.*

PLANCHE II.

Cette Planche contient deux Bandages propres à remédier aux déplacemens de pelote.

FIG. VI. ABC. *La platine ou plaque du Bandage vue du côté antérieur.*

HI. *Baſcule qui ſe termine à ſa partie inférieure (1) par une chappe dans laquelle eſt placée la petite poulie.*

L. *La grande poulie d'où part la corde de boyau.*

LCD. *Qui s'attache au ſous-cuiſſe* DEFG.

FIG. VII. *Profil de la plaque & de la garniture de la pelote.*

L. *La grande poulie.*

ML. *Barrillets qui renferme un reſſort.*

C. *Partie inférieure de la baſcule, ou chappe qui contient la petite poulie.*

LCD. *La corde de boyau.*

Entre ces deux figures on a repréſenté ſéparément la baſcule HI *& au-deſſous la petite poulie.*

FIG. VIII. BCD. *La plaque du Bandage monté ſur ſon cercle.*

A. *Tête de la vis de rappel, qui fait avancer ou reculer la plaque.*

FIG. IX. *La même plaque ſéparée de ſon cercle.*

D. *Entaille qui reçoit le collet de la vis.*

EF. *Les deux tenons ou conduits à chapeaux, qui traverſent la portion du cercle qui eſt fendue.*

FIG. X. *Portion de cercle ſéparé de la plaque.*

A. *Trou taraudé qui reçoit la vis de rappel.*

AB. *Les fentes ou couliſſes, qui reçoivent les conduits à chapeaux de la figure précédente.*

BC. *Portion de cercle du Bandage.*

PLANCHE III.

Cette Planche contient deux Bandages propres à remédier aux déplacemens du cercle.

FIG. XI. ABD. *La platine rivée au cercle* EFGH.

GH. *La queue du cercle, qui eſt ſéparée en deux.*

C. *Deux boutons rivés ſur la plaque & deſtinés à fixer les courroies.*

FIG. XII.

FIG. XII. ABC. *La plaque assemblée en* C, *avec le cercle* CDE, *par une rivure, qui lui permet de tourner en haut ou en bas, selon que l'on tourne le pignon placé sur l'extrémité du cercle.*

FIG. XII. N.° 2. *La plaque du Bandage précédent séparée de son cercle.*

ABC. *La plaque.*

C. *Trou de la rivure, qui sert de centre de mouvement & est aussi le centre de la fente* DE, *dentée intérieurement pour engrainer avec un pignon de six aîles qui est au-dessous de l'extrémité du cercle.*

FIG. XII. *N.°* 3. *Développement du pignon & des pièces qui en dépendent.*

F. *Rondelle de cuivre, qui se place sur la tige du pignon, & derriere la plaque, après que celui-ci est placé dans la fente dentée; cette rondelle est fixée par une goupille.*

G. *Le pignon vu en plan.*

H. *Le pignon vu en profil, on y distingue les deux tiges & les troux dont elles sont percées pour recevoir les goupilles.*

J. *Virole de fer qui se place sur la longue tige du pignon, après qu'elle a traversé de dedans en dehors le trou du cercle destiné à la recevoir.*

K. *Boucle ou belière qui embrasse la virole & est traversée ainsi que la tige du pignon par une goupille.*

PLANCHE IV.

Cette Planche contient un Bandage auquel on a réuni les quatre principales corrections & les développemens nécessaires.

FIG. XIII. *Le Bandage vu par sa partie antérieure.*

ABC. *La plaque du cercle recouverte en partie par une pièce qui renferme la mécanique relative au sous-cuisse.*

B. *Corde de boyau qui s'attache au sous-cuisse.*

DE. *Partie de la platine mobile à laquelle s'attache la pelote comme dans les figures* 4 & 5 *de la Planche* I.

EFGH. *Le cercle à deux queues dont les courroies viennent s'attacher aux deux boutons que l'on voit sur la pièce qui couvre la mécanique, figure suivante.*

Fig. XIV. *La platine du cercle ou platine fixe vue à découvert, ainsi que la mécanique du sous-cuisse.*

ABC. *La plaque.*

AB. *La bascule dans la poulie de laquelle passe la corde de boyau, comme dans le premier Bandage de la Pl.* II.

D. *La grande poulie placée plus bas que dans la Planche* II, *figure* 6, *à cause que la mécanique plus compliquée exige une poulie de plus.*

E. *La moyenne poulie ou poulie de renvoie.*

FGH. *Couverture de la mécanique.*

I. *Crochet qui arrête la tête* K *de la vis de rappel, après qu'elle est ployée comme dans la figure précédente.*

Fig. XV. *La plaque fixe vue du côté opposé, & séparée de la plaque mobile ou plaque de la pelote.*

B. *Un des côtés de la charnière qui assemble les deux platines.*

A. *Le barillet dont le ressort communique le mouvement à la grande poulie placée de l'autre côté de la plaque.*

K. *La tête de la vis de rappel flexible par son collet pour être arrêtée par le crochet* J.

DE. *Conduits à chapeaux sous lesquels coule la portion de cercle* F. *que ces conduits traversent.*

Fig. XVI. *La plaque mobile ou plaque de la pelote vue du côté auquel cette garniture doit être attachée.*

DE. *Le haut de la platine.*

B. *Charnon qui est reçu entre ceux de la figure précédente.*

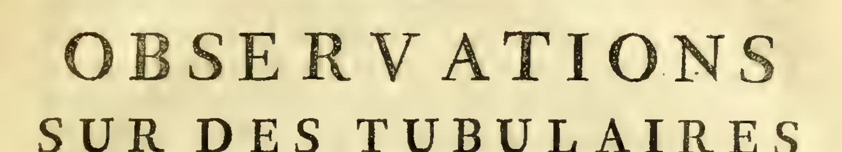
PLANCHE V.

Cette Planche contient deux Bandages de fil de fer écrouis pour leur donner du ressort.

Fig. XVII. *Bandage simple à deux branches non garni.*

Fig. XVIII. *Bandage simple à trois branches revêtu de sa garniture.*

Toutes les figures de ces cinq Planches sont gravées aux deux tiers des objets, en sorte que huit lignes du pied de roi représentent un pouce; c'est l'échelle commune à toutes ces figures.



OBSERVATIONS SUR DES TUBULAIRES

A TUBE ÉLASTIQUE ET CARTILAGINEUX.

Par M. l'Abbé MAZEAS,

Correſpondant de l'Académie & Membre de la Société Royale de Londres.

L'Histoire Naturelle des animaux ſédentaires au fond de la mer, & qui ſe conſtruiſent des demeures à l'abri des flots, eſt ſans contredit la moins connue, & la plus difficile à obſerver : on peut mettre dans ce rang les vers marins dont je vais donner la deſcription. Le premier, qui ſera l'objet de ce Mémoire, habite des endroits que la mer ne découvre jamais, & ſe cole ſous de groſſes pierres par un maſtic ſi dur, & dans une telle ſituation, qu'il peut ſe ſouſtraire également aux inſtrumens des Pêcheurs, & à la curioſité des Obſervateurs. La façon dont ces animaux ſaiſiſſent leur proie, les organes dont la Nature les a pourvus, la conſtruction ſingulière de leurs demeures, l'analogie qu'ils me paroiſſent avoir avec les Polypes, m'ont paru des objets dignes de l'attention des Naturaliſtes.

En 1764, dans les marées de l'équinoxe d'Automne, j'eus les premières indices de ces animaux. Je cherchois alors différentes eſpèces de *Fucus*, pour en former une collection, & je fis arrêter le bâteau qui nous portoit auprès d'une petite Iſle environnée de rochers, au milieu de la rade de Lomariaker, près de Morbihan. Le fond de la mer tapiſſé de plantes marines, parſemé d'Ourſins de différentes couleurs, offroit aux yeux le ſpectacle le plus agréable : l'attention

avec laquelle je le confidérois, me fit appercevoir de groffes tiges couronnées de filamens épanouis, qui préfentoient l'image d'une fleur au fond des eaux. Lorfque la mer eut perdu fuffifamment pour atteindre au fond, je fis arracher de ces tiges qui me parvinrent en affez mauvais état, mais qui juftifièrent pleinement les foupçons que j'avois eu, que ces amas de feuilles dont les tiges étoient chargées, cachoient le tube d'un animal qui me parut en grand ce que les corallines font en petit.

Animé par ces premiers fuccès, j'entrepris un fecond voyage dans la même rade fur la fin de l'année dernière 1765, deux jours après la pleine Lune, qui fuivit l'Équinoxe d'Automne. La mer fut plus baffe qu'on ne l'avoit vue depuis longtems; & les animaux que je cherchois n'étoient couverts que de 2 à 3 pieds d'eau. Le mouvement des filamens, qui couronnoient la tige, me parut alors parfaitement femblable à celui des trompes de l'efpèce d'ortie de mer, appellée par *Rondelet urtica cinerea.* Ces filamens mouchetés de plufieurs taches, difparoiffoient fubitement dès que je les touchois de l'extrémité d'une baguette.

Pour prendre ces tubes fans les déchirer, je fis defcendre dans la mer, & enlever les pierres auxquels ils étoient adhérens. Ces tubes font collés au-deffous de la pierre par une bafe fort large comme les litrophites (*Planche I*, *fig.* 1, 2), & ont une confiftance tout auffi forte. Par le moyen d'une lame de couteau fort mince, je parvins à les détacher fans offenfer l'animal; j'en emportai de cette façon près d'une douzaine; j'enveloppai le tout de *Fucus* pris fur les lieux, &, à la faveur de cette humidité, les animaux vécurent affez pour me donner tout le tems de les obferver.

Le tube qui eft flexible, élaftique, & qui a la confiftance d'un cartilage, eft un cylindre dont les plus longs avoient un pied & demi, & 5 à 6 lignes de diamètre. Ce cylindre coupé, fuivant fa longueur, préfentoit un gros vers (*Pl. II*,

fig. 1), long d'un pied, d'un brun foncé ſur le dos, & plus clair ſous le ventre, de la figure de la Scolopendre de mer, armé comme elle de pointes qui régnent des deux côtés dans toute la longueur de l'animal, mais qui diffère de la Scolopendre, en ce que notre Tubulaire eſt charnu comme les vers ordinaires, & que ſa tête eſt ornée de trompes d'une conſtruction ſingulière dont nous parlerons bientôt.

Pendant que cet animal vivoit dans l'amas de *Fucus* où je le conſervois, il pouſſoit de tems en tems la tête hors du tube pour rechercher l'humidité : alors ſes trompes colées les unes aux autres, préſentoient exactement la figure d'un pinceau, *a, b, c,* (*Planche II*, *fig.* 1); comme je me ſouvins d'un animal à-peu-près ſemblable, décrit par *Rondelet*, j'eus recours à l'ouvrage qu'il avoit fait traduire ſous ſes yeux, & que j'avois actuellement ſous la main. Voici ce qu'il en dit, *Livre II*, *pag.* 77.

De la ſimilitude des pinceaux deſquels uſent les Peintres, ou deſquels on blanchit les parois, j'ai appelé pinceau de mer ce qui eſt ci-deſſus pourtrait, pour la grandiſſime ſemblance. C'eſt un tuyau fait comme de teſt dur, attaché aux rochiers d'une attache molle & lâche, de ſorte que les vents & les ondes l'agitent çà & là. Au-dedans eſt une ſubſtance charnue, aucunes fois jaune, aucunes fois d'autre couleur. Quand elle ſe jette dehors, elle s'épand comme vous voyez en la peinture, tellement qu'il n'y a rien de plus ſemblable à un pinceau. Il s'en trouve aux rochiers d'alentour l'Iſle de S. Honorat de Lérins.

Comme les Naturaliſtes ne s'accordent pas ſur la nature du Tubulaire auquel *Rondelet* a donné le nom de pinceau de mer, qu'on ignore d'ailleurs la ſtructure de ces eſpèces d'animaux, je me contenterai de décrire celui qui fait l'objet de ce Mémoire.

La baſe du cylindre eſt un cartilage de la nature de la

corne à lanternes, plus dur & plus épais que celui du reste du tube; c'est le tube même prolongé & applati par la pierre qui le comprime en cet endroit. Cette base est représentée par la *Pl. I*, *fig.* 1. Elle est tellement adhérente au rocher, qu'on la déchire plutôt que de l'arracher. De cette base naît un petit tube ou appendice *a, b*, percé par son extrémité *a*, qui commence à se confondre avec le grand tube en *c*, & qui communique avec lui par le canal *c, d*. (Voyez, *Planche III*, *fig.* 5, qui représente le tube & son appendice coupés dans une direction parallèle à l'axe.) Voici l'usage auquel je crois que cet appendice est destiné.

La Nature n'ayant donné à cet animal aucun organe, qui puisse nuire à ses ennemis, il est réduit à se tenir sur la défensive; ses trompes ou suçoirs qui l'avertissent & de la nouriture qui lui convient, & du danger qu'il court, sont d'un sentiment si délicat que, pour peu qu'on les touche, il se précipite subitement au fond du tube; c'est ce que j'ai souvent éprouvé sur plusieurs de ces animaux. Alors le corps se rétrécit de façon à n'occuper qu'un quart de la longueur du tube, & l'extrémité de la queue sort de l'appendice d'environ la longueur d'un pouce; l'animal se trouve donc presque entièrement sous la pierre, à l'abri par conséquent des animaux qui voudroient le dévorer, & de la drague des pêcheurs, qui ne pourroient emporter que la partie supérieure de son logement.

En introduisant une éguille dans l'appendice, je forçai l'animal à sortir de son tube. Il parut, comme il est représenté par la *Planche II*, *fig.* 1, composé d'anneaux charnus. Chaque anneau est garni des deux côtés de mammelons qui servent d'étuis à autant de pointes fort dures, qui sortent & rentrent continuellement. Ces mammelons & ces pointes sont les mêmes que ceux de la Scolopendre de mer, & de la grande espèce d'Étoile fort commune sur nos côtes.

Le dos, qui est d'un brun foncé, est divisé dans sa longueur

par une ligne noire, qui commence au quatrième ou cinquième anneau au-deſſous du bourrelet, & qui vu à la coupe, n'eſt autre choſe qu'un enfoncement de la peau qui ſépare à droite & à gauche les élévations ou rugoſités de cette même peau. Ces rugoſités ont la forme de petits quarrés, dont chacun eſt terminé par un mammelon; elles ne ſe trouvent pas ſous le ventre, qui eſt d'un brun plus clair, & où l'on remarque plus aiſément la diviſion de chaque anneau, qui eſt recouvert en partie par le prolongement de la peau du mammelon, comme on le voit dans la *Planche III*, *fig.* 4.

Les pointes auxquelles les mammelons de notre Tubulaire ſervent d'étui, lui ſont néceſſaires pour ſe cramponner dans le tube, & s'y tenir dans une ſituation verticale quand il veut faire ſortir ſes trompes. Mais hors du tube, ces pointes ne peuvent lui communiquer aucun mouvement de progreſſion, comme je l'ai ſouvent éprouvé.

Ces pointes macérées dans l'eau, pendant 7 à 8 jours, ſe décomposèrent en une multitude d'autres pointes très-fines, & preſque imperceptibles, dont la réunion compoſoit auparavant un faiſceau ſolide & très-dur.

La tête dégarnie de ſes trompes (*Planche III*, *fig.* 3), eſt un bourrelet charnu *a*, *b*, dans le milieu duquel on voit une petite élévation percée d'un trou *c*, qui eſt la bouche de l'animal; elle n'eſt armée d'aucune ſubſtance oſſeuſe capable de trituration, comme dans les Ourſins & l'Étoile de mer.

Cette bouche eſt environnée d'un colet *d*, *f*, (*Planche III*, *fig.* 1), qui tient au bourrelet par deux oſſelets *g*, *k*, durs & arrondis par leur extrémité comme la tête d'une épingle. Ces oſſelets s'insèrent dans le bourrelet, mais ils y tiennent foiblement, puiſqu'ils s'en détachent pour peu qu'on laiſſe macérer l'animal dans de l'eau douce.

Le colet qui eſt un cartilage mince, dur, & d'une couleur

jaunâtre, eſt diviſé en deux parties; il eſt ſimplement échancré en *g*, qui eſt le côté qui répond au dos, & entièrement diviſé en *h*, côté qui répond au ventre. Ce qui donne à l'animal la faculté de dilater ou de reſſerrer ſon collet, en doublant plus ou moins les deux parties l'une ſur l'autre; par ce mécaniſme, il en proportione l'ouverture à la groſſeur de la proie dont les trompes ſe ſont emparées, il la reſſerre, l'empêche de s'évader, la ſuce ou la fait entrer dans l'œſophage.

Ce collet ſe diviſe en une multitude de trompes ou ſuçoirs, qui prennent la figure d'un pinceau, lorſque l'animal reſſerre ce collet, & qui s'épanouiſſent ou ſe diviſent en deux faiſceaux *cd*, *ef*, lorſque le collet ſe relâche. (Voyez la *Planche III*, *fig.* 1.)

Les trompes ſont parfaitement ſemblables à celle de l'ortie de mer (*urtica cinerea*). Elles n'en diffèrent que par la groſſeur, & qu'en ce que celles de l'ortie ſont ſimples, au lieu que celles de notre animal ſont compoſées d'une frange qui règne tout le long de chaque trompe principale. J'arrachai quatre trompes, *a b*, *cd*, *cg*, *fg*, (*Pl. III*, *fig.* 2), pour les mettre au microſcope, & je vis que cette frange n'eſt elle-même qu'une multitude de petites trompes dont le nombre eſt ſi grand que j'aurois eu bien de la peine à les compter. On conçoit qu'un inſecte engagé dans une pareille chevelure auroit certainement bien de la peine à s'en débarraſſer.

De diſtance en diſtance, & par intervalles égaux, ces petites trompes ſont d'un beau pourpre, quelquefois de couleur violette, & ſouvent d'une couleur uniforme. Quand elles ſont épanouies dans une mer calme, elles préſentent comme je l'ai dit, le ſpectacle agréable d'une fleur panachée, portée par une belle tige ornée de feuilles, & ſi l'on n'employoit que le ſens de la vue pour conſtater la réalité de l'image, on y ſeroit certainement trompé. Cependant il n'y a

de

a de végétal ici que les feuilles de cette plante apparente, encore ne sont-elles pas toutes dans ce cas, il faut en excepter le grand nombre de corallines qu'on trouve sur cette tige, & qui sont des logemens d'animaux, comme *M. Ellis* l'a prouvé dans les *Transactions philosophiques de* 1755.

En ouvrant le ventre de l'animal, par une incision longitudinale, on voit les intestins contournés en spirale, & qui occupent toute sa longueur. Comme les pas de cette spirale sont fort courts, les intestins ont la forme d'un chapelet, dont chaque grain est moitié noir & moitié blanc. Mais ces intestins sont-ils, comme dans la plupart des autres animaux, des organes essentiels à la vie? C'est ce dont il y a tout lieu de douter, après le fait dont j'ai été témoin: parmi les tubes que j'avois apportés, j'en trouvai un où il n'y avoit que la moitié de l'animal; la moitié la plus essentielle manquoit, la tête & les trompes. Cette moitié vécut parmi les *Fucus* humides autant que les autres Tubulaires, je l'avois remise dans son tube, & au moindre tact, elle avoit le mouvement aussi prompt que si l'animal eût été entier.

Parmi ces mêmes *Fucus* destinés à conserver mes animaux, je trouvai la moitié d'une Scolopendre de mer parfaitement semblable à celle qui est dessinée dans l'ouvrage françois de *Rondelet*. Cet animal étoit plus applati que notre Tubulaire, il paroissoit avoir été de la même longueur; il étoit garni de mammelons dont chacun fournissoit deux pointes; mais je ne lui trouvai point d'intestins. Son corps, dont il ne me restoit que la partie inférieure, étoit composé d'entroques, ou espèces de vertèbres de la même forme que ceux de l'Étoile de mer, marquée dans *Rumphius* sous le nom d'*Asterias Scolopendroides spinosa*, & qui est fort commune sur la côte occidentale de Bretagne. Cette Étoile a un mouvement très-rapide, mais rien n'est plus fragile, on ne peut presque pas la toucher sans la rompre; la même chose m'arriva pour la Scolopendre, une moitié de celle que je possédois, ce qui faisoit le quart de l'animal, me resta dans la

main, tandis que l'autre ſe ſauvoit. Ces deux moitiés vécurent près de huit jours parmi les *Fucus;* au bout de ce tems, je rompis encore ces deux moitiés, le mouvement ſe ralentit alors, & ces huitièmes d'animaux moururent en peu de tems.

Cette propriété, comme on le ſait, caractériſe ſpécialement les polypes; mais il m'a paru qu'elle eſt plus ou moins étendue, ſuivant que l'organiſation de l'animal approche plus ou moins de celle du parfait polype; c'eſt-à-dire, de celui qui, coupé par des ſections en tout ſens, donne autant d'animaux que de parties. Je n'en connois encore que deux de cette eſpèce, celui d'eau douce de *M. de Trembley*, & celui de mer gravé à la tête de l'excellente Diſſertation du Docteur *Parſons* ſur cette matière.

Mes Tubulaires qui, par leurs anneaux charnus, & la forme de leurs inteſtins, approchent davantage de l'organiſation des vers de terre, partagés en deux, vécurent parmi les *Fucus* autant que l'animal entier; mais leur mouvement & leur vie ceſſa lorſque je les eus partagés en quatre. La Scolopendre qui, par la forme de ſes vertèbres, foiblement joints les uns aux autres, approche plus de l'organiſation des Étoiles de mer, ſouffre auſſi un plus grand nombre de diviſions, mais elle a ſes bornes comme on vient de le voir. La ſixième eſpèce d'Ortie de mer, deſſinée par *Rondelet*, pag. 384, & qui eſt fort commune ſur la côte méridionale de Bretagne, ſouffre des diviſions dont je ne pus connoître le terme. Une portion de cet animal que M. le Comte de la *Bourdonnaye*, Syndic des États de Bretagne, & moi, trouvâmes ſur les bords de la mer en 1761, attira notre attention : ce fragment d'Ortie, qui étoit une gelée dure, blanche, & tranſparente, nous parut évidemment par ſes découpures, être une portion de l'Ortie dont nous avions ſouvent trouvé des morceaux plus conſidérables ſur le rivage. Notre fragment nageoit dans la mer, & ſon mouvement étoit ſemblable à

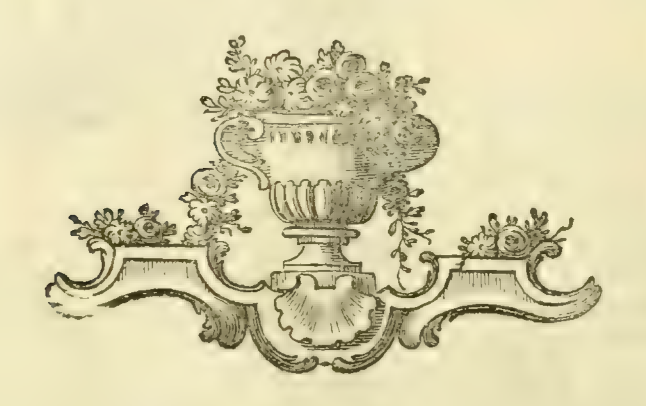
celui d'un poulmon qui se dilate & se contracte successivement; je ne pus appercevoir à la loupe aucune organisation bien caractérisée; c'étoit une masse solide d'une égale transparence; je la divisai à plusieurs reprises en tant de parties que chacune n'excédoit pas quatre lignes en tout sens, & toutes continuerent à nager, chacune ayant le même mouvement qu'avoit auparavant le fragment principal dont je les avois détachées. Mais il s'agiroit de savoir si chacune de ces parties, ainsi que celles de la Scolopendre & de notre Tubulaire, deviennent dans la suite des animaux complets; c'est ce que le tems ne m'a pas permis de constater.

La construction du tube, qui sert de logement à notre animal, ne mérite pas moins d'attention. Il est composé de trois enveloppes qu'on sépare aisément pendant que le tout est humide : les deux premières enveloppes intérieures les plus voisines de l'animal, sont une espèce de cartilage très-mince, blanc, transparent, flexible, qui a la consistance du cuir, & qu'on ne pourroit mieux comparer qu'à ces feuilles de corne très-minces qui servent aux lanternes. La troisième enveloppe, qui est de même nature que les précédentes, est tapissée à l'extérieur de cette mousse verdâtre qui flotte sur les eaux. C'est sur cette enveloppe que croissent des Fucus, des Corallines, des Fougères de mer, différentes espèces de mousses, & souvent même des animaux tels que les *Holothuries*, & les *Oscabriones*.

Ce tube qui, dans la mer, est flexible & élastique, devient très-cassant & très-fragile dès qu'il est sec. Il reprend sa consistance & sa flexibilité quand on le fait tremper quelque tems dans l'eau. La substance dont il est composé, est indissoluble dans les acides; ces menstrues n'agissent que sur les matières dont l'enveloppe extérieure est tapissée, qui, pour la plupart, sont des matières calcaires.

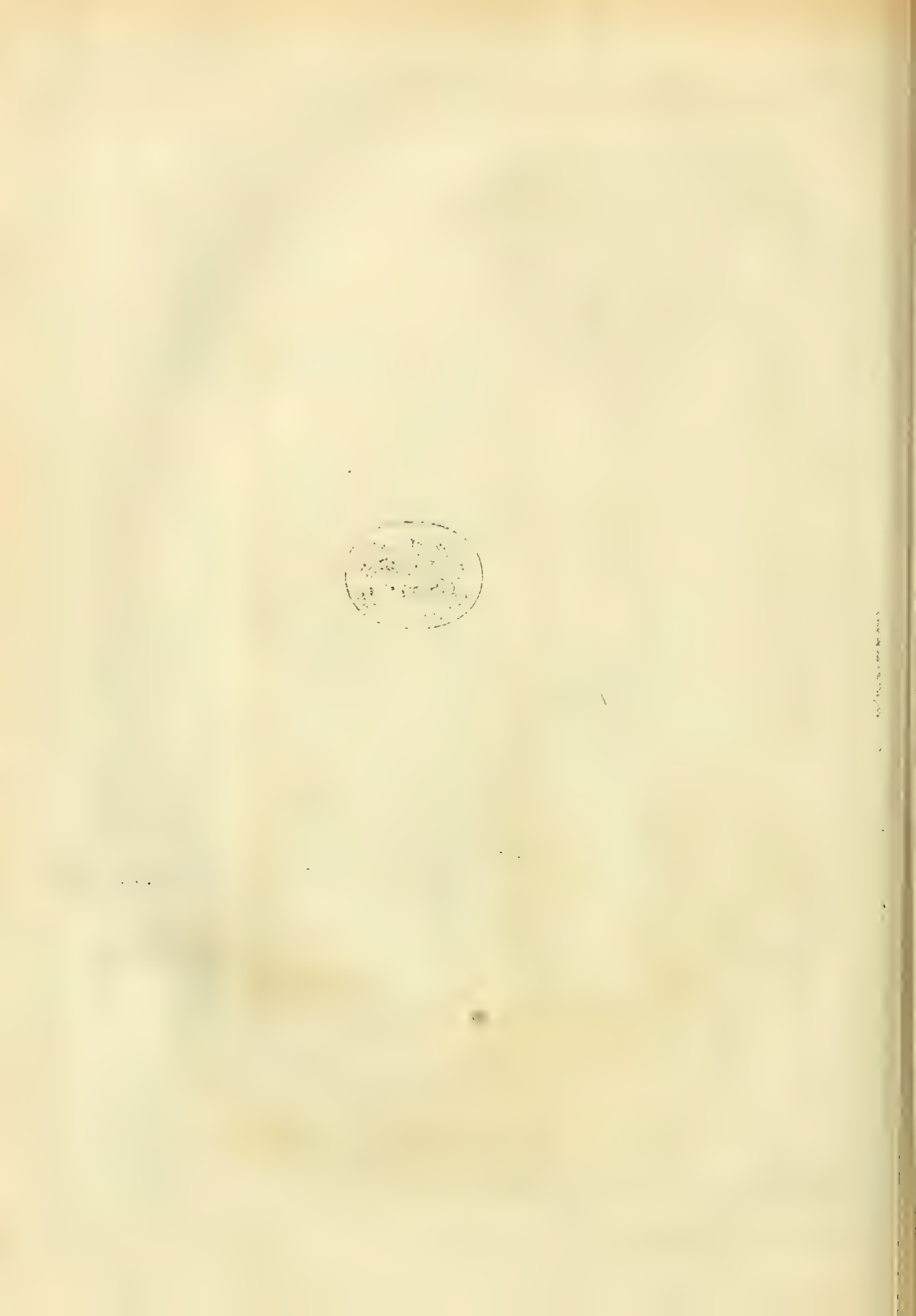
Il paroît, par tout ce que nous venons d'exposer, que cet animal a beaucoup de rapport avec ceux que *M. Ellis* a

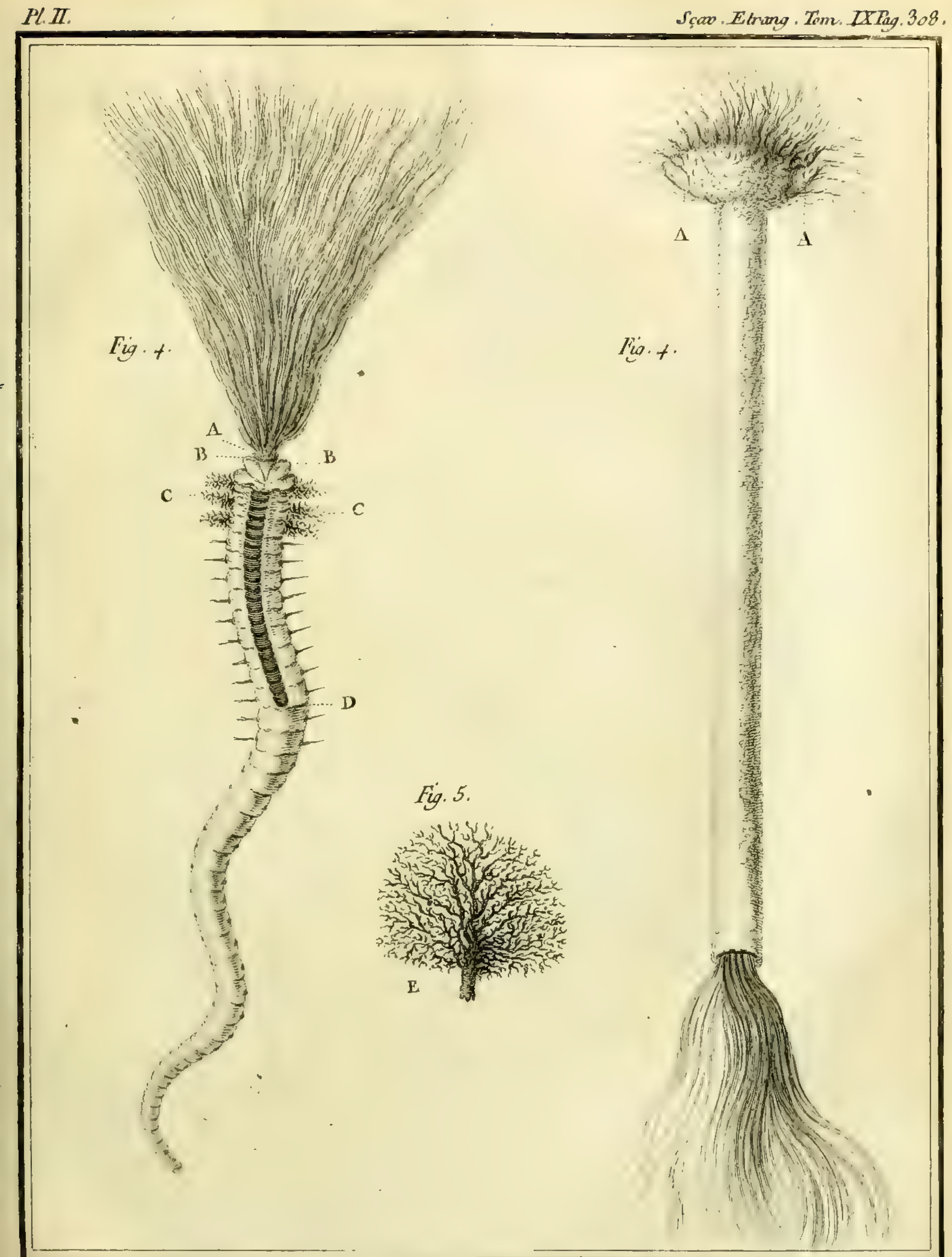
découvert dans les Corallines, & que celui-ci est en grand ce que les autres sont en petits; mais cette affinité me paroît encore plus marquée avec la grande Coralline de Malte que cet Auteur nomme *Corallina Tubularia Melitensis, cum Scolopendris suis, tentaculis duobus duplicato-pinnatis, instructa.* Comme cette Coralline, suivant ce qu'en dit *M. Ellis*, & suivant la figure qu'il en donne, habite un tube dont le diamètre va toujours en augmentant, je ne la crois pas de même espèce que celle dont je viens de donner la Description.



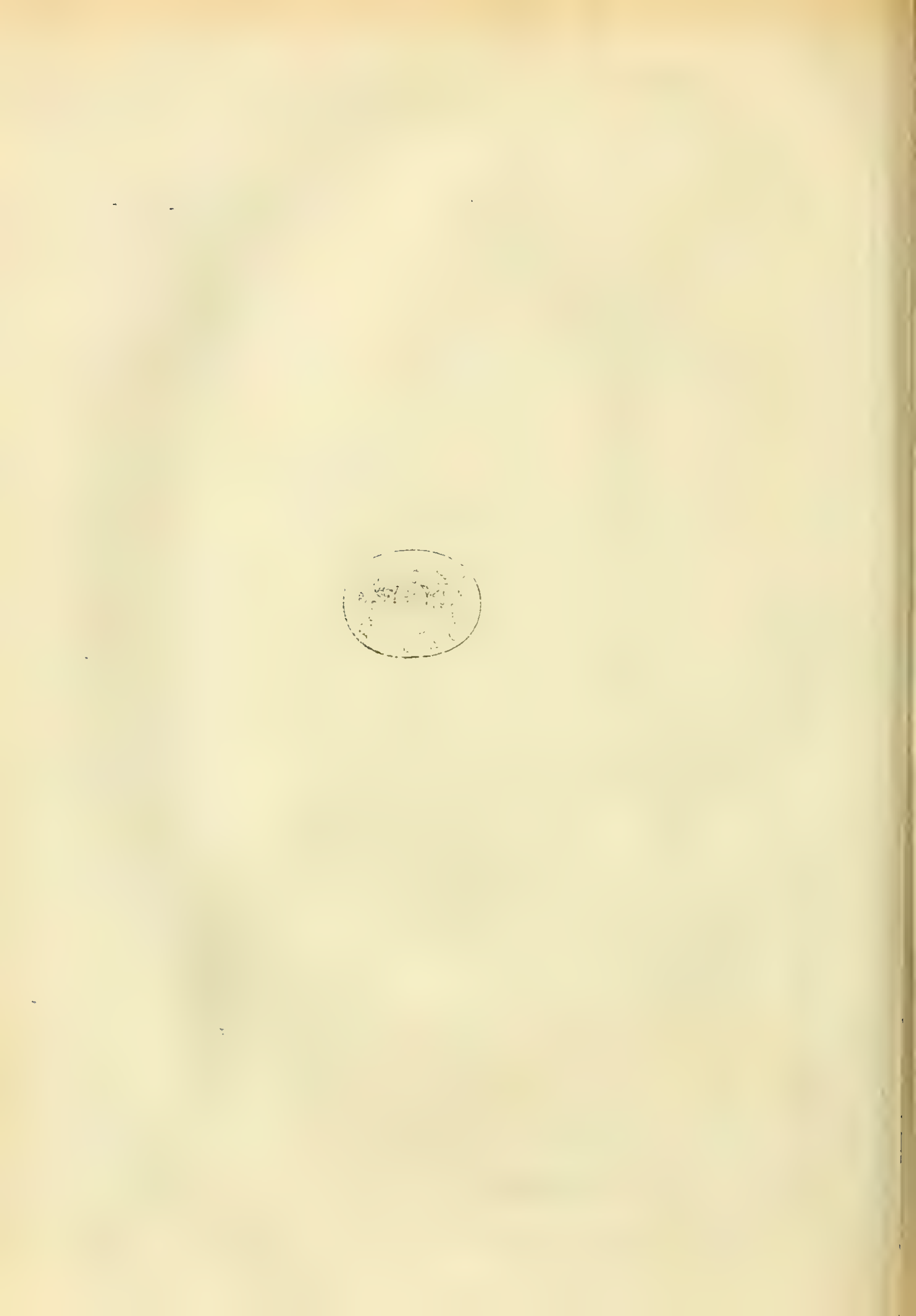


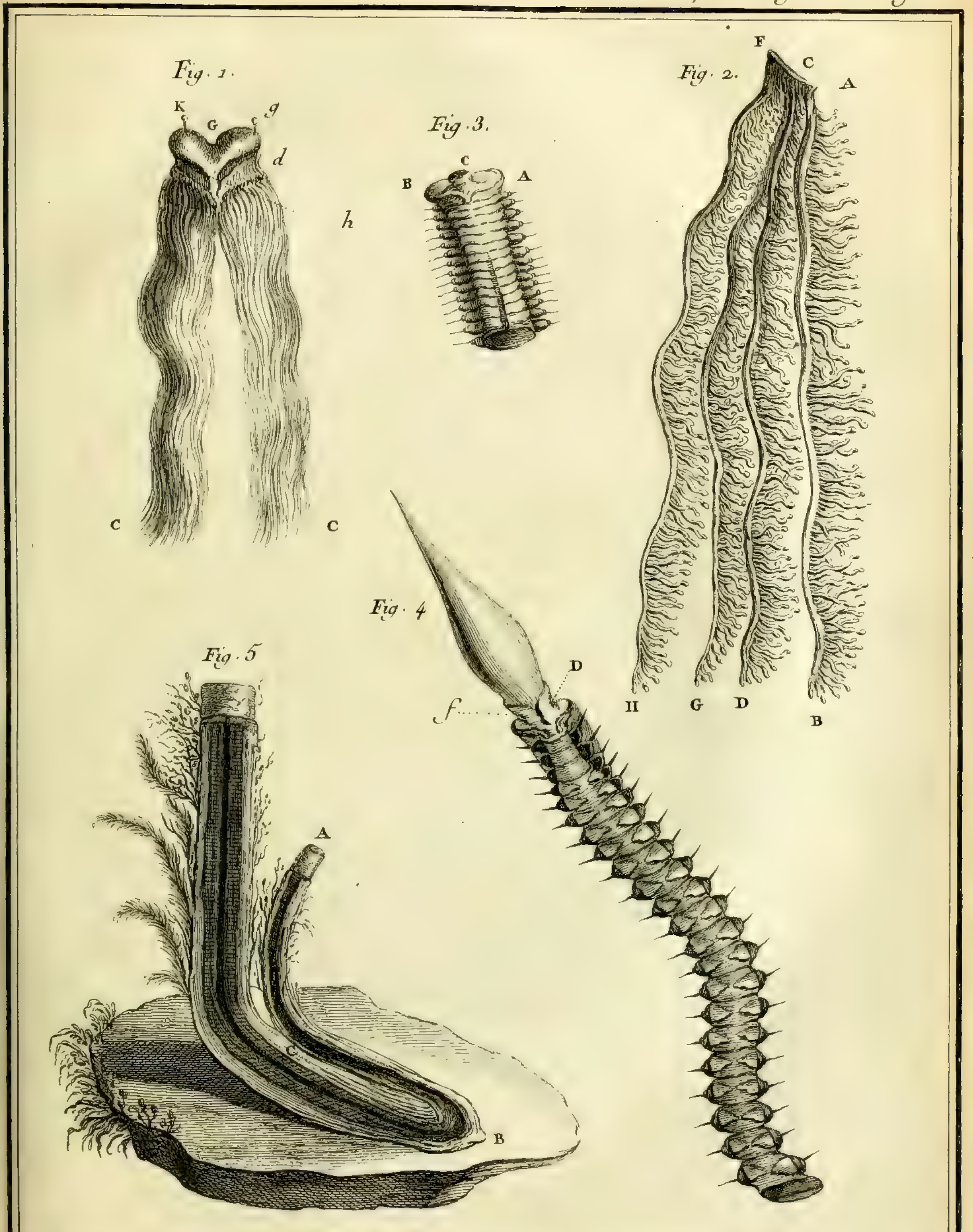
El.th Haussard Sculp.



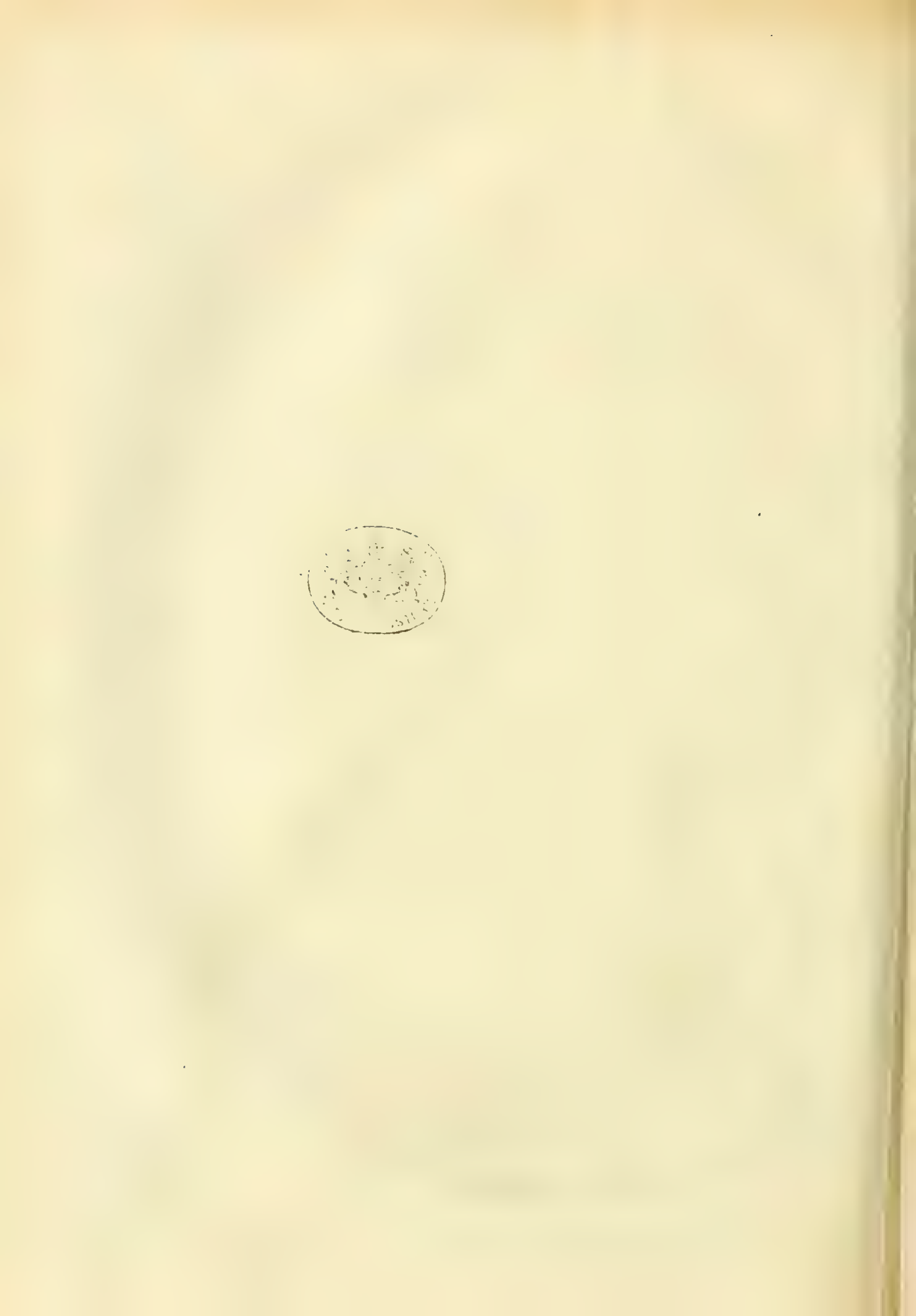


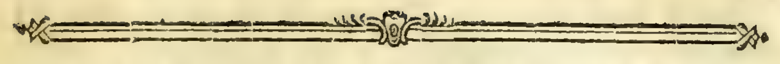
Eth Haussard Sculp.





Elth Haussard Sculp.





OBSERVATIONS

Sur les caractères spécifiques qui distinguent le TUBULAIRE DE L'OCÉAN *à tube élastique & cartilagineux, de son analogue dans la Méditerranée, décrit par M.* ELLIS.

Par M. l'Abbé MAZEAS,

Correspondant de l'Académie, & Membre de la Société Royale de Londres.

LORSQUE j'eus l'honneur de communiquer à l'Académie mes observations sur le Tubulaire de l'Océan analogue à celui de la Méditerranée, je citai les deux Auteurs qui ont parlé de ce dernier, *Rondelet* & *M. Ellis* : je citai la Description entière de *Rondelet*, qui ne laisse à l'esprit aucun trait capable de caractériser l'animal qu'il a voulu décrire. Présentées le 4 Juillet 1767.

M. *Ellis*, dans les *Transactions philosophiques*, décrit plus exactement un Tubulaire analogue au mien ; mais, comme je remarquai dans sa Description des caractères qui ne convenoient nullement au grand Tubulaire de l'Océan, je crus devoir le faire connoître plus particulièrement.

Les observations faites sur mon Mémoire, par de savans Naturalistes, ont semblé confondre entièrement l'animal que je décrivois, avec celui de *M. Ellis*, & ne l'ont fait différer que par la grandeur & par l'âge. Comme ils ont jugé par l'analogie, qui est en effet en leur faveur, j'ai répété mes observations, suivant les desirs de l'Académie, & je n'ai rien négligé pour acquérir toute la certitude qu'on est en droit d'exiger dans les faits, sur-tout lorsque l'analogie peut les faire envisager comme douteux.

Depuis l'impreſſion du Mémoire de M. *Ellis*, dans les *Tranſactions philoſophiques*, il a paru de cet habile Obſervateur un ouvrage beaucoup plus étendu ſur les Corallines, où la Deſcription du Tubulaire de Malte eſt auſſi beaucoup plus détaillée ; c'eſt à cette Deſcription que j'aurai recours dans l'examen, & la comparaiſon des faits que je vais expoſer.

Mon intention n'eſt pas de faire voir qu'on s'eſt trompé dans les réflexions faites ſur mon Mémoire, elles ſe préſentent naturellement à l'eſprit, & quand on n'aime que la vérité, on ne doit que de la reconnoiſſance à ceux qui veulent bien nous faire part de leurs lumières & de leurs doutes.

Le Tubulaire de *M. Ellis* & le mien, paroiſſent ſe rapprocher par des propriétés communes ; mais ils s'éloignent auſſi par des différences eſſentielles & bien marquées. Je vais expoſer les unes & les autres.

Tubulaire de Malte.

1.er Caractère. LE PREMIER caractère que *M. Ellis* donne à ce Tubulaire, c'eſt de vivre en famille : ils ſont grouppés les uns ſur les autres : les extrémités de leurs tubes étant inſérées dans une eſpèce de ſac ou de poche commune à ces Tubulaires. *Lorſque j'eus tiré*, dit M. *Ellis*, *les tubes & les animaux de cette coralline hors de l'eſprit-de-vin, dans lequel ils avoient été conſervés, j'y découvris un petit ſac glaireux dans lequel les baſes & les racines de pluſieurs de ces tubes étoient inſérées.*

Tubulaire de l'Océan.

CEUX-CI ne vivent jamais en famille, il eſt même aſſez rare d'en trouver deux ſur la même pierre, & dans ce cas ils ſont éloignés l'un de l'autre. Le tuyau eſt applati dans l'endroit où il eſt collé à la pierre, & je me ſuis aſſuré que cet applatiſſement ne vient pas de la peſanteur de la pierre qui les comprime, car j'ai trouvé de ces Tubulaires collés

contre les surfaces latérales des pierres, & contre des fucus où rien ne les comprimoit, & l'applatissement de base étoit la même.

Tubulaire de Malte.

Le second caractère des Tubulaires de *M. Ellis*, consiste dans la forme du tuyau. Il augmente en diamètre d'une manière si sensible qu'il présente la figure d'un entonnoir fort alongé, comme on le voit par la figure qu'il en donne. *Ces tubes*, dit-il, *qui sont faits par les animaux qui y sont renfermés, augmentent en diamètre par degrés à mesure qu'ils croissent en hauteur.* 2.d Caractère.

Tubulaire de l'Océan.

Le tube est exactement cylindrique depuis l'endroit où il adhère à la pierre; c'est-à-dire, depuis sa base jusqu'à l'extrémité supérieure. Cette base est applatie, comme je l'ai dit plus haut, & est formée d'un cartilage plus dur & plus épais que le reste du tuyau. Ainsi, le Tubulaire de M. *Ellis*, quoique cartilagineux comme celui de l'Océan, présente une forme essentiellement différente.

Tubulaire de Malte.

Par la figure que donne *M. Ellis* (*Planche* 34,) les bases & les racines de ces Tubulaires se terminent en pointes insérées dans un petit sac glaireux commun à plusieurs de ces Tubulaires; & ces pointes sont fermées, suivant les observations faites sur mon Mémoire. 3.me Caractère.

« La seule différence, disent ces observations indiquées » par *M. Mazeas*, consiste en ce que le tube du pinceau » des côtes de Bretagne étoit replié sur le rocher qui le » portoit de façon que sa pointe, qui étoit ouverte, remon- » toit verticalement en haut comme le gros bout du tube

» qui étoit au moins quatre fois plus long que cet appen-
» dice. Mais cette particularité, qui nous paroît totalement
» accidentelle, ainsi que la compression du tube en cet en-
» droit de sa courbure, qui est dûe à la situation & au rétré-
» cissement des fentes des rochers, qui ont forcé le tube à
» s'applatir, & à se replier suivant leur direction, & l'ouver-
» ture inférieure, qui n'est visiblement dûe qu'à ce que le
» tube a été coupé ou déchiré par accident à cette extré-
» mité, n'établissent pas une différence réelle entre ce pin-
» ceau & celui de M. *Ellis;* d'autant plus que M. *Mazeas*
» ne dit pas que tous les dix tubes qu'il a pechés, aient
» été dans ce cas; ce que l'analogie semble nous démon-
» trer comme fortuit par la Nature, la façon de vivre,
» & enfin par la structure & les proportions si différentes
» du corps de l'animal. »

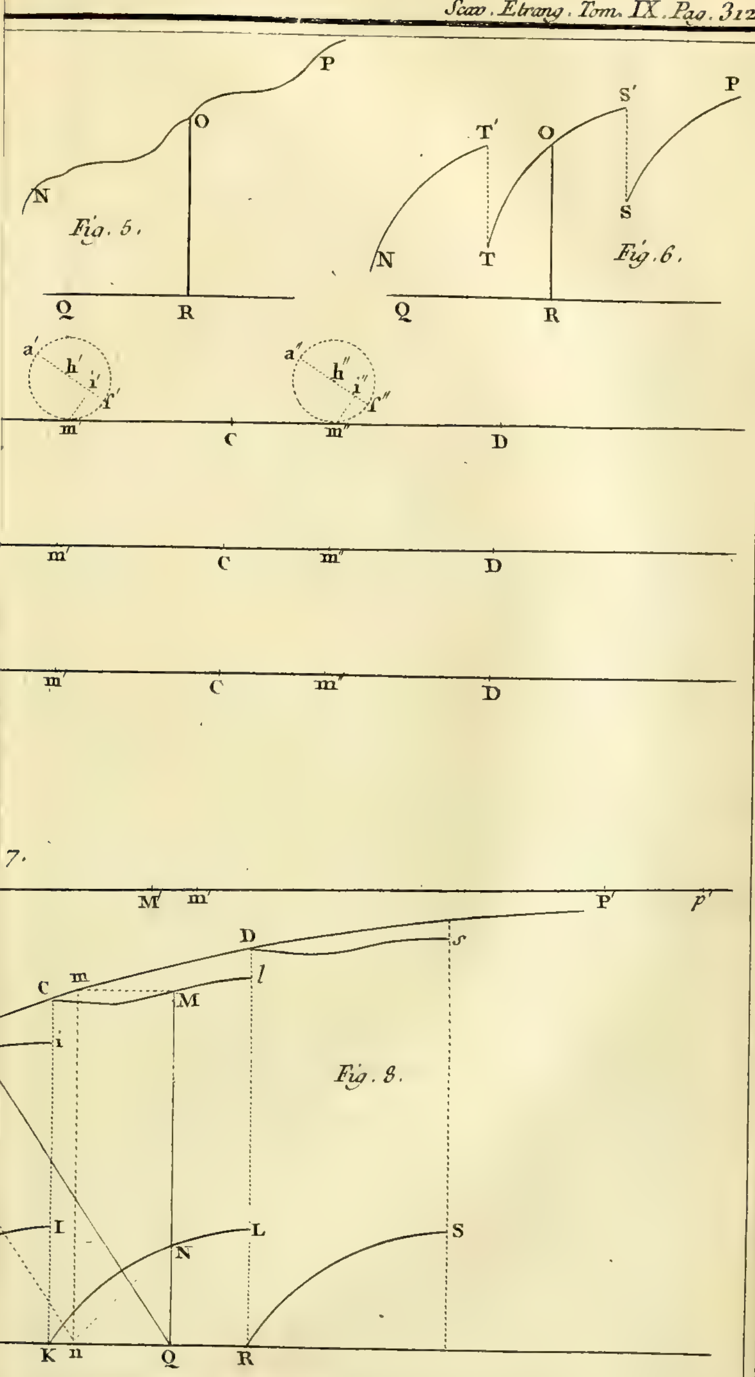
Tubulaire de l'Océan.

L'Observation précédente nous présente trois objets essentiels, qu'il est important de vérifier : 1.° la figure de l'appendice replié sur le tuyau : 2.° l'applatissement de la base : 3.° l'ouverture de l'appendice; le tout comme fortuit & accidentel.

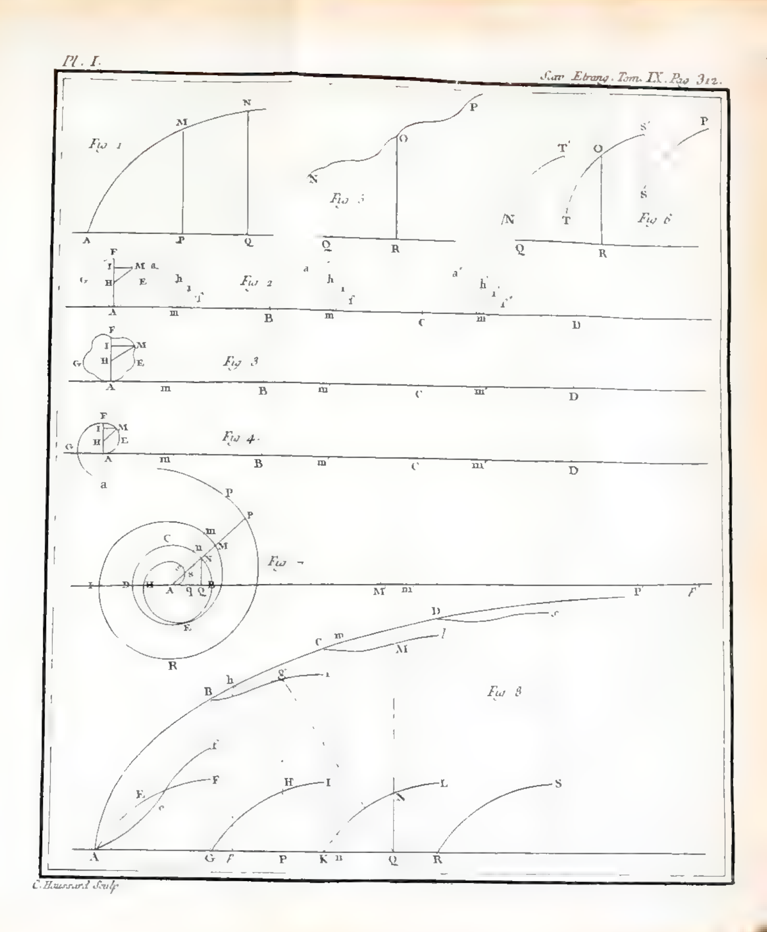
Tous les tubes, qui m'ont passé par les mains, se sont trouvés dans le cas énoncé par mon Mémoire. Voici maintenant les preuves que ces propriétés ne sont pas accidentelles.

1.° Le repliement de l'appendice sur le gros tuyau : cette courbure est faite de façon que le cartilage de la base & celui de l'appendice, sont noyés & confondus l'un dans l'autre, dans l'intervalle où ils se touchent, qui est d'environ 3 à 4 lignes plus ou moins, suivant la grosseur du tube, & cette propriété ayant lieu dans tous les Tubulaires, même ceux qui sont collés contre les surfaces latérales des pierres où rien ne les comprime, il est évident que ce cas n'est nullement accidentel; mais que c'est la forme primitive & essentielle du Tubulaires.

2.° L'applatissement



P
O
N
Fig. 5.
Q
R
T'
O
S'
P
S
N
T
Fig. 6.
Q
R
a'
h'
i'
f'
m'
C
a''
h''
i''
f''
m''
D
m'
C
m''
D
m'
C
m''
D
7.
M'
m'
P'
p'
D
s
C
m
l
M
i
Fig. 8.
I
L
S
N
K
n
Q
R



Pl. I.
Sav. Etrang. Tom. IX. Pag. 312.
Fig. 1
Fig. 2
Fig. 3
Fig. 4.
Fig. 5
Fig. 6
Fig. 7
Fig. 8
C. Haussard Sculp.

11.

12.

Fig. 13.

C

Fig. 10.

G

d

C

M m

A D d

P B p

Fig. 9.

f′

g

e f

T

N

S

Fig. 14.

I

H

g′

E G

F F′

B

V Q R Q′

Fig. 11

Fig. 12

Fig. 13.

D M N A B C Q q m Fig. 10 E P F f G d

C M m A D d P B f Fig. 9.

g e f T N S d I Fig. 14 M H c C D E F F' f' A P r V Q R Q B

J. Mth Haussard Sculp.

2.° L'applatissement de la base est dans le même cas; cette base est toute aussi applatie, lorsqu'elle est adhérente à des surfaces latérales, que dans le cas où elle se trouve comprimée sous des pierres : il est à remarquer que je n'ai jamais trouvé de ces Tubulaires dans les fentes des rochers, mais toujours attachés à des pierres au fond de la Mer, d'une grosseur telle qu'un homme peut aisément les porter.

3.° Il restoit à m'assurer si l'ouverture de l'appendice, qui prend naissance à la base du Tubulaire, étoit dûe à un déchirement fortuit, ou à quelqu'autre accident.

Dans les grandes marées, qui ont précédé & suivi l'Equinoxe du printems de cette année 1767, lorsque la Mer étoit la plus basse, & dans l'instant que les Tubulaires n'étoient couverts que de deux ou trois pieds d'eau, des Pêcheurs ont apporté sur le rivage les grosses pierres auxquelles adhéroient les animaux que je leur avois indiqués. Nous en avons eu par ce moyen de différens âges & de différentes grosseurs.

Je pris des témoins éclairés, & ayant posé ces pierres dans une situation telle, que le tube se trouvoit renversé de haut en bas, l'animal en est sorti peu-à-peu, & enfin est tombé sur le linge étendu pour le recevoir. Alors nous avons examiné à la loupe l'extrémité supérieure des petites appendices des jeunes tubulaires, & nous l'avons trouvée ouverte. Cette ouverture étoit si sensible dans les appendices des gros tubes, que nous n'eûmes pas besoin de loupes pour les appercevoir, & pour être certain qu'il n'y avoit signe de déchirement.

Ensuite nous nous sommes assurés de la communication de l'appendice avec le gros tube, en adaptant un entonnoir à l'orifice supérieur de ce gros tube : l'eau est sortie sur-le-champ en forme de jet par l'ouverture de l'appendice. Ces expériences répétées à différentes reprises sur le grand nombre de Tubulaires qui nous ont passé sous les yeux, n'ont offert aucune exception.

Après les obſervations que je viens d'expoſer, j'aurois bien voulu pouvoir conſtater, avec la même exactitude, les différences des animaux qui habitent ces tubes; mais M. Ellis n'eſt entré dans aucun détail ſur leurs organes, & il ne le pouvoit pas ſans les dégrader & les rendre en fort mauvais état à ceux qui les lui avoient prêtés.

Il eſt ſeulement à remarquer, qu'en raiſonnant d'après les figures de M. Ellis, les trompes de l'animal ſont attachées le long de deux bras fort étendus, & que ces trompes vont en diminuant à proportion qu'elles partent d'un endroit du bras plus éloigné de la tête. Dans le Tubulaire de l'Océan, au contraire, ces trompes partent d'un collier circulaire & membraneux, qui entoure la bouche de l'animal, & qui eſt attaché à la tête qu'il couronne, par deux oſſelets qu'on découvre en faiſant macérer l'animal dans l'eau douce. Dans le Tubulaire de l'Océan, toutes les trompes ſont d'une grandeur égale. Dans l'Océan & la Méditerranée, chaque trompe principale eſt garnie dans ſa longueur d'une frange de petites trompes qu'on n'apperçoit qu'à la loupe, & cette propriété a pareillement lieu dans les Tubulaires teſtacés qu'on trouve ſur nos huîtres.

Les trompes ont de longueur un ſixième environ de la longueur de l'animal; leur nombre ne peut ſe compter avec exactitude, parce qu'ils ſe réſolvent en glaires, comme les trompes des orties marines. Les mammelons dont l'animal eſt bordé de chaque côté, diminuent en groſſeur vers la queue; & quoiqu'il ſoit alors très-difficile de les diſtinguer, j'en ai toujours compté plus de 160 de chaque côté.

Les rugoſités qu'on remarque, à la loupe, ſur le dos de l'animal, & les mammelons d'où partent les faiſceaux des pointes, n'étant bien exprimés, ni dans la deſcription, ni dans la la gravure de M. Ellis, je ne puis prononcer, ni ſur la reſſemblance, ni ſur la diſſimilitude des deux animaux à cet égard.

Il résulte des faits que je viens d'expoſer, que le Tubulaire de l'Océan & celui de la Méditerranée, ont des caractères bien marqués, qui les feroient prendre pour les mêmes animaux, & d'autres caractères très oppoſés qui ſembleroient devoir en faire des eſpèces différentes.

Les animaux dont je viens de parler, ne ſont pas les ſeuls dans ce cas. Pendant que je les examinois, je vis ſur la même pierre une eſpèce de Fucus à feuilles, ſemblables à celles du petit *Sedum ;* ce Fucus étoit rempli d'un inſecte, qui marchoit à la manière des chenilles arpenteuſes. Pour ne pas interrompre mes obſervations, je priai M. de Queronic, ancien Conſeiller au Parlement de Bretagne, & très-verſé dans l'Hiſtoire naturelle, de vouloir bien l'examiner & le deſſiner. J'ai l'honneur de communiquer à l'Académie les obſervations qu'il en a faites, que j'ai vérifiées après lui, ainſi qu'il a bien voulu vérifier les miennes. On trouvera dans cette Deſcription, les traits de reſſemblance les plus marqués, avec l'inſecte que M. le Commandeur de Godeheu trouva à deux lieues au large de Ceylan, mais auſſi d'autres caractères qui l'en font différer; & l'on verra, ſans doute avec plaiſir, un animal que l'on ne connoiſſoit point encore dans nos climats.

En général, la Nature eſt ſi variée dans les productions d'une même claſſe, que le plus difficile n'eſt pas de les compter & de les obſerver, mais de ſaiſir les nuances caractériſtiques qui doivent réunir ou ſéparer les eſpèces.

Dans ces ſortes de cas, j'avoue que l'analogie eſt d'un grand ſecours, & peut nous guider dans nos jugemens; mais employée avec trop de confiance, elle peut être une ſource d'erreurs. Elle trompa le célèbre Swammerdam, lorſqu'il voulut prononcer ſur l'uſage des pointes ou poils roides, qui ſortent des mammelons du *Phyſalus.*

Cet inſecte lui avoit été donné par Oligerus Jacobeus, qui ſoutenoit que les organes en queſtion faiſoient la fonction de

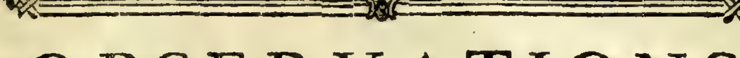
pieds. Swammerdam, qui n'avoit pas vu l'animal vivant, & uniquement fondé ſur l'analogie, nia le fait. M. Hill, dans les notes qu'i la jointes à l'Edition Angloiſe de Swammerdam, ſoutint auſſi le même ſentiment * : cependant le fait eſt directement contraire. Nous prîmes, l'an paſſé, dans la rade du Croiſic, une très-grande quantité de *Phyſalus ;* au ſortir des filets, nous les mîmes dans un grand baquet plein d'eau de Mer. M. le Comte de la Bourdonnaye, Procureur-Général, Syndic des Etats de Bretagne, M. de Pontneuf, ancien Maire du Croiſic, & moi, les vîmes marcher au fond du baquet avec beaucoup de rapidité, à l'aide de leurs pattes miſes en mouvement par les mammelons. La mécanique de ce mouvement progreſſif étoit bien différente de l'action de nager, puiſque les pointes ou poils roides qui ſortoient des mammelons, portoient toujours ſur le fond du baquet, & que nous ne vîmes jamais l'animal ſe ſuſpendre dans l'eau.

Quant à l'eſpèce de Scolopendre, dont j'ai dit un mot en paſſant, & que les obſervations ſur mon Mémoire regardent comme un rayon de l'étoile épineuſe ſcolopendroïde de Côtes de Bretagne, figurée par Barrelier, j'adopte très-volontiers ce ſentiment. Je n'ai pu retrouver le même animal, quelque recherche que j'aie faite, & quoique ce rayon fût très-long, il eſt néanmoins ſi ſemblable à celui de Barrelier, qu'on doit le regarder comme identique, tant que les faits ne prouveront pas le contraire.

Après avoir établi les différences qui caractériſent le Tubulaire de l'Océan, & celui de l'Iſle de Malte, je laiſſe aux Naturaliſtes à prononcer ſur l'identité ou la diverſité des eſpèces; je n'adopte aucune opinion, aucun ſyſtême à ce ſujet, je ne dois garantir que les faits.

---

* *Theſe are not legs, nor intended for its office : they approach more to the Nature of arms, nith hand or fingers, and are proberly* tentacula *of the creature. Their uſe is in finding or ſeruring the creature's prey.* H'ills Obſervations on Swammerdam.



OBSERVATIONS

Sur la variété des Tubulaires de la claſſe des pinceaux de Mer, & la mécanique que ces animaux emploient dans la conſtruction de leurs tubes.

Par M. l'Abbé MAZEAS,

De la Société Royale de Londres, & Correſpondant de l'Académie.

J'ai fait voir, dans mon dernier Mémoire, les caractères ſpécifiques, qui diſtinguent le Tubulaire de Malte décrit par M. *Ellis*, du grand Tubulaire que j'ai trouvé dans l'Océan; mais ces deux eſpèces ne ſont pas les ſeules de la claſſe des Pinceaux de mer, & il me reſte à faire voir les dégradations de nuances que la Nature met dans ſes ouvrages en ce genre. Préſentées le 19 Mars 1768.

Pendant les grandes marées de l'Équinoxe d'Automne de cette année 1767, je parcourus la partie de la côte du Morbihan, qui eſt expoſée à l'Eſt. Immédiatement au-deſſous du Fort qui défend l'entrée du goulet de Lomariaker, deux eſpèces de Tubulaire fixèrent mes regards; le premier, qui étoit élaſtique & cartilagineux, me parut ſemblable à celui que j'ai décrit dans mon premier Mémoire; le ſecond étoit à ſimple membrane très-mince & très-molle, revêtue de ſable & de petits cailloux.

Je paſſai d'abord le premier ſans l'examiner, lorſque trouvant pluſieurs autres de mêmes eſpèces, les voyant pour la première fois dans le ſable, & placés dans des endroits que la mer découvre à toutes les marées, je réſolus de les examiner: j'en enlevai un d'un coup de pelle, & je trouvai que la moitié Planche I.re *fig.* 1.

ſeulement du tube, la partie hors du ſable, *(ab)* étoit d'une ſubſtance élaſtique & cartilagineuſe, & que la ſeconde moitié *(bc)* enfoncée dans le ſable, ſans adhérence à aucune pierre, étoit une ſimple membrane très-molle, ſans conſiſtance, ſans élaſticité, garnie de ſable & de *detritus* de coquillage.

Je déchirai cette membrane, & je forçai l'animal à ſortir par l'orifice ſupérieur; il avoit la même configuration que celui qui habite les grands tubes que j'ai eu l'honneur d'envoyer à l'Académie: toute la différence, c'eſt que l'animal actuel eſt beaucoup plus petit, relativement à la longueur de ſon tube, & que le nombre des trompes eſt auſſi moins conſidérables; car, en les partageant par l'endroit où le collier eſt échancré, on en compte vingt d'un côté, vingt-deux à vingt-trois de l'autre, ce qui ne va guères qu'à la moitié du nombre des trompes du grand Tubulaire; du reſte tout eſt exactement ſemblable.

La différence la plus ſenſible eſt du côté des tubes. Les longueurs ſont égales dans les deux eſpèces, mais les diamètres inégaux; les uns & les autres ſont cylindriques, ou d'une largeur uniforme dans toute leur étendue; mais celui qui habite le ſable eſt compoſé de deux moitiés, qui ſont l'une à l'égard de l'autre, ce qu'eſt une légère membrane à un cartilage: de plus, il n'a point d'appendice ou crochet, ni aucune ouverture à ſon extrémité inférieure; enfin il n'eſt adhérent à aucune pierre ou rocher, mais ſimplement enfoncé dans le rivage, revêtu de ſable dans ſa partie molle, de Fucus & de conſerva dans ſa partie cartilagineuſe.

Cette différence des tubes joints à celle que j'ai indiquée dans les animaux, fait voir que ce nouveau Tubulaire eſt une eſpèce ſéparée de celui qui a été l'objet de mon premier Mémoire.

Il eſt vrai que la reſſemblance des deux vers, pourroit faire regarder celui dont je parle aujourd'hui comme une

production de l'autre; c'est la première idée qui se présente, mais elle ne tarde pas à se dissiper en réfléchissant sur les différences que j'ai détaillées, & en faisant attention qu'on trouve toujours dans le voisinage des grands Tubulaires ceux à qui ils ont donné naissance, adhérens comme eux à de grosses pierres, & dans des lieux couverts par la mer dans les plus basses marées.

Il suit delà que le genre des Tubulaires est dans le cas de beaucoup d'autres productions de la Nature; qu'il a dans ses espèces des traits de ressemblance noyés, pour ainsi dire, dans ceux qui les distinguent; que, dans ces êtres qui peuplent la mer & nos rivages, une nuance imperceptible, souvent difficile à saisir, forme tout le passage d'une espèce à l'autre. La suite de mes observations, confirmera encore cette vérité.

La longueur du plus grand de ces animaux en vie étoit de trois pouces & demi, sans y comprendre les trompes; la longueur des trompes d'un pouce; la longueur du tube hors du sable de six pouces; la partie molle enfoncée dans le sable de quatre pouces & demi à cinq pouces; elle se raccourcit un peu en se desséchant.

Pour caractériser cet animal par son tube, je lui donne le nom de *Corallina Tubularia littoralis tubo partim elastico & cartilaginoso, partim membranaceo molli, arenoso.*

Tubulaire moitié cartilagineux, moitié membranacée. Il est du nombre de ceux que j'ai l'honneur d'envoyer à l'Académie conservés dans l'esprit-de-vin; il est représenté par la figure première, & contenu dans le flacon *A;* la partie inférieure du tube a été offensée.

Je présente encore un animal, qui ne diffère que très-peu de ceux que j'ai décrits jusqu'à présent, mais dont le tube est essentiellement différent.

Il eſt, comme le dernier, du nombre de ceux qui habitent les côtes ſablonneuſes de la pleine mer, & qui reſtent à découvert dans l'intervalle d'une marée à l'autre; ſon tube ne s'élève hors du ſable qu'à la hauteur d'un pouce, ou un pouce & demi au plus; le reſte, qui ſouvent eſt de neuf à dix pouces, eſt caché ſous le rivage.

Il y a peu de Tubulaires auſſi-bien retranchés que celui-ci; il n'habite que les ſables qui boivent l'eau de la mer à une grande profondeur, & l'extrémité inférieure de ſon tube eſt toujours adhérent à une groſſe pierre enfoncée dans le rivage. Ce tube eſt une ſimple membrane très-mince & très-molle, à laquelle ſont collés des grains des ſable, du cailloutage, & du detritus de coquillages; en un mot, parfaitement ſemblable à la moitié ſablonneuſe du Tubulaire décrit ci-deſſus. L'extrémité ſupérieure de ſon tube, eſt bordée de filamens *B B, (fig. 3),* qui, comme une eſpèce de frange, en décore l'orifice.

Dès que l'animal ſent qu'on l'attaque, il ſe retire au fond de ſa demeure, & en contractant ſes anneaux, ſe réduit au tiers environ de ſa longueur ordinaire; il ſe cache ainſi preſqu'entièrement ſous le rocher. Quand on creuſe le ſable, il arrive preſque toujours que le ſol venant à s'affaiſſer, le tube ſe rompt & la tranchée ſe rempliſſant d'eau, il n'eſt plus poſſible de retrouver l'animal.

Mes tentatives avoient été ſans ſuccès juſqu'à l'Équinoxe de cet Automne, que je me fis accompagner de trois hommes robuſtes & adroits. L'un faiſoit la tranchée, l'autre formoit ſur la pente du rivage des canaux propres à l'écoulement des eaux; &, pendant que je tenois le tube dans une ſituation verticale, un homme armé d'un lévier ſoulevoit le rocher.

Nous eûmes le tube en entier; ſon extrémité inférieure étoit ſans aucune ouverture, & colée au rocher de la longueur d'un pouce. Je l'en détachai avec précaution; je déchirai le

bas

bas du tube pour forcer l'animal par le moyen d'un fil d'archal à ſortir par l'autre orifice, & il tomba dans un vaſe plein d'eau de mer deſtiné à le recevoir.

Il a la configuration des Pinceaux de mer décrits juſqu'à préſent. Après l'avoir examiné long-temps, & avec attention, voici ce que j'ai remarqué de différent.

Les trompes comparées à la longueur du corps, ſont un peu plus petites que dans les Tubulaires que j'ai décrits juſqu'ici; elles ſont brunes, mouchetées de blanc, au-lieu que, dans les autres Pinceaux de mer, elles ſont brunes, mouchetées de pourpre. Chaque trompe principale eſt garnie dans toute ſa longueur de trompes ſecondaires comme dans les deux autres Tubulaires; mais ici les trompes ſecondaires ſont plus longues & plus fortes; la vue ſimple ſuffit pour les apercevoir; dans les autres, on ne les diſtingue qu'à la loupe. Le nombre des trompes principales eſt de quarante, vingt de chaque côté. Le collier ou eſpèce de couronne cartilagineuſe d'où naiſſent les trompes, eſt auſſi proportionnellement plus petit que dans les pinceaux précédens, & il adhère ſi foiblement à la tête, qu'il s'en ſépara lorſque l'animal tomba dans le vaſe plein d'eau de mer.

Table I.ère *fig.* II.

Le reſte du corps, le bourrelet de la tête, la bouche, les anneaux, les mammelons, les pointes qui en ſortent, la couleur, les rugoſités de la peau, tout eſt exactement conforme au grand Tubulaire de l'Océan, & à celui par lequel j'ai commencé ce Mémoire.

La longueur de l'animal, avant de mourir, étoit d'environ trois pouces; la longueur des trompes de cinq à ſix lignes; la longueur du tube de neuf pouces & quelques lignes; la longueur des filamens, qui couronnent l'orifice du tube, de quatre à cinq lignes.

Pour le caractériſer par ſon tube, je lui donne le nom

de *Corallina Tubularia littoralis, tubo membranaceo, molli, arenoso, fimbriato, saxis sub arenâ delilescentibus adhærente.*

Tubulaire à tube panaché d'une simple frange.

Il n'est pas du nombre de ceux que j'ai l'honneur d'envoyer actuellement à l'Académie, parce qu'étant le seul que j'ai pu saisir, il a été fort maltraité pendant l'observation; je compte en envoyer de mieux conservés. Il est représenté à côté de son tube dans la *figure 2, Table premiere.*

Nous venons de voir des animaux semblables habiter des tubes différens, & nous allons voir les animaux différens habiter des tubes presque semblables.

Le jour qui suivit les observations que je viens de rapporter, je voulus aller à l'Isle de *Méaban*, située en pleine mer, à une lieue & demie de la côte; cette Isle trop exposée aux courans, & d'un rivage trop vaseux, ne nous présenta de remarquable que des débris de Tubulaires tels que ceux qui ont fait l'objet de mon premier Mémoire, mais beaucoup plus gros; ce qui me fit conjecturer que ces animaux vivent au fond de la pleine mer, comme dans les rades. Ne trouvant plus rien dans cette Isle, nous remîmes à la voile pour aller gagner la pointe de *Port Navalo*, exposée au Sud-Ouest, & nous mouillâmes dans une anse sablonneuse au-delà du Fort situé vis-à-vis celui de *Lomariaker.*

L'endroit du côté le plus sablonneux nous offrit encore des Tubulaires dont les tubes au premier coup-d'œil paroissoient semblables au dernier que je viens de décrire.

Chaque tube, comme le précédent, ne sort du sable que de la hauteur d'un pouce, ou un pouce & demi au plus, & communément il est de la longueur de neuf à dix pouces; il est composé pareillement d'une membrane très-mince & très-molle, revêtue de sable & de *detritus* de coquillages; il est couronné, comme le précédent, de plusieurs filamens recou-

verts de sable, mais qui, au-lieu de sortir immédiatement de l'orifice du tube, sortent d'une espèce de calice formé de petites parcelles de coquilles de différentes couleurs, arrangées avec une adresse & une régularité qui charme les yeux.

Cette fleur artificielle est composée de deux grandes lames en forme de pétales, rapprochées l'une de l'autre, arrondies dans ses bords, & échancrée en *AA* (*figure* 4, *n.*° 1), ces deux lames s'ouvrent & se ferment au gré de l'animal, comme une coquille bivalve. Les filamens sont de même nature que le tube, ce sont des filets membraneux tapissés de sable. Table II. *fig.* IV. n.° 1.

J'ai vu de ces tubes dans le Cabinet d'Histoire Naturelle de M. le Chevalier Turgot, & ils ne sont pas rares dans ceux que nous avons ici; mais je n'ai vu nulle part l'animal qui les construit. L'opinion la plus commune est qu'il s'enterre dans le sable, dès qu'il sent qu'on veut le surprendre. Cette opinion est fondée, comme nous le verrons bientôt.

Je fis creuser autour du tube, à la profondeur d'un pied; &, par le moyen de tranchées, je fis écouler l'eau qui s'élevoit au niveau du terrain. Alors, avec un pêle longue & forte, qui pénétroit encore environ un pied dans le sable, je fis lever la motte sablonneuse qui renfermoit le tube.

Pendant que cette masse de sable étoit sur la pêle, je découvris l'extrémité inférieure du tube pour m'assurer s'il n'étoit point offensé; mais, en cherchant cette extrémité, je trouvai une multitude de trompes de trois à quatre pouces de longueur, qui rentroient dans le tube lorsque je les touchois, ce qui me fit présumer que l'animal y étoit dans une situation renversée, contraire aux autres Tubulaires. Comme l'extrémité inférieure du tube avoit une ouverture sensible, j'introduisis un fil d'archal par l'orifice supérieur, & l'animal sortit par en bas, la tête la premiere; il tomba dans un vase plein d'eau de mer, s'agita beaucoup, & je profitai de ses différens mouvemens pour en observer la structure.

Table II, *fig.* IV, n.° 2. Il a cinq à ſix pouces dans ſon plus grand alongement; ſans y comprendre les trompes, & il peut ſe contracter juſqu'à n'occuper que deux pouces, ce qui arrive lorſqu'on le plonge vivant dans de l'eſprit-de-vin; il eſt compoſé d'anneaux, dont les ſeize premiers ſont garnis de mammelons, d'où ſortent des pointes très-fines; depuis le ſeizième anneau juſqu'à l'extrémité de la queue les mammelons deviennent imperceptibles, & n'ont pas de pointes.

Le ventre, & j'appelle ainſi la partie ſur laquelle l'animal ſe roule & ſe replie, ſur laquelle il rampe pour travailler, ce ventre, dis-je, eſt garni depuis la tête juſqu'au treizième anneau incluſivement d'une bande ou eſpèce de *ſternum, C D*, d'un rouge fort vif, plus foncé vers l'extrémité, & les ſeuls mammelons armés de pointes ſont bordés de la même couleur. La bande rouge, qui couvre le ventre, eſt un peu plus foncée vers le bas, & rayée tranſverſalement de petites lignes noires qui ne m'ont pas paru correſpondre aux anneaux.

Le dos a de ſingulier, 1.° une tranſparence ſi grande qu'on voit les inteſtins à travers la peau; 2.° la partie du dos la plus voiſine de la tête, eſt ſurmontée de ſix petites houppes, *C C*, trois de chaque côté, compoſées de filamens charnus, onduleux & ramifiés, d'un beau rouge de corail, & de deux lignes de hauteur. Une de ces houppes eſt repréſentée groſſie en *E, fig.* 5, *n.*° 3. Les extrémités des branches ſont *dicotomes* ou fourchues.

La tête eſt garnie d'un petit bourrelet formé par les rides de la peau, comme dans les autres pinceaux de mer, avec cette différence, qu'au-lieu de collier ou de couronne cartilagineuſe, la tête eſt ici ſurmontée d'une petite membrane en forme d'entonnoir *A*, de l'intérieur duquel ſortent des trompes de trois à quatre pouces de long; ce petit entonnoir eſt couvert pardevant de deux petites membranes en forme

de languettes *B B*, écartées l'une de l'autre quand l'animal travaille, & qui ſe referment quand l'entonnoir s'affaiſſe.

Les trompes ſont ſimples : vues au microſcope, elles paroiſſent ſous la forme de vers blancs, ronds, & composés d'anneaux; elles ont un mouvement vermiculaire continu. L'animal peut les alonger juſqu'à quatre & cinq pouces, & les contracter juſqu'à les réduire à cinq ou ſix lignes; elles ſont ſi molles, qu'on les rompt en les touchant ſans précaution : quand l'animal travaille, elles ſont aſſez fortes pour ſoutenir des fardeaux cinq à ſix fois plus peſans que lui. J'avois mis pluſieurs de ces Tubulaires dans un bocal, & les trompes qui ſortoient par l'orifice inférieur, s'étoient tellement cramponnées contre le fond du vaſe, qu'il fallut le rompre pour les en retirer, ce qui fait voir la néceſſité de creuſer profondément dans le ſable pour ſaiſir l'animal; autrement il laiſſe enlever ſon tube, & reſte ſous le rivage.

Je coupai pluſieurs trompes, que je mis à part dans un flacon plein d'eau de mer; leur mouvement vermiculaire dura auſſi long-tems que vécut l'animal, près de quarante-huit heures; & j'aurois ſans doute prolongé leur vie, ſi j'avois été à portée de rafraîchir leur eau à chaque marée.

Les trompes des autres pinceaux de mer décrits juſqu'à préſent, perdent la vie & le mouvement quand on les coupe; elles n'ont pas non plus la propriété de s'alonger & de ſe raccourcir, par la raiſon ſans doute qu'elles ne ſont point compoſées d'anneaux, mais de filamens cartilagineux.

De la manière dont ces animaux conſtruiſent leur Tube.

J'AVOIS MIS à part dans un bocal plein d'eau de mer le plus fort & le plus vigoureux de ces animaux dépouillé de ſon tube, après avoir rempli le fond du vaſe de ſable, de cailloutage & de *detritus* de coquillages.

L'animal commença par fixer une partie de ses trompes sur les cailloux les plus pesans, tandis qu'avec les autres il parcouroit differens endroits de sa nouvelle demeure. Après avoir tâté les objets qui l'environnoient, je le vis tirer à lui une trompe chargée de cinq à six grains de sable assez gros; cette trompe, avec le fardeau dont elle étoit chargée, alla se perdre dans l'entonnoir.

Je le vis continuer cette manœuvre pendant quelque tems. Enfin l'animal leva la tête, s'agita beaucoup, & en appliquant l'entonnoir contre les parois du bocal, y attacha des grains de sable en forme de voûte naissante. Au bout d'une demi-heure la voûte fut complète; c'étoit un cercle, mais d'une rondeur aussi parfaite, que si l'on eût fait usage du compas.

Ce cercle, au bout de deux heures, formoit un anneau de deux lignes de large; ainsi, l'animal auroit employé cinq jours environ à se construire une demeure. Il y mettoit souvent la tête, & s'y agitoit beaucoup, sans doute pour arrondir le tube, & le tapisser intérieurement de cette matière visqueuse, qui, dans le peu qu'il avoit fait d'ouvrage, formoit déjà une pellicule mince & transparente. Je ne pus découvrir dans ce travail quel étoit l'usage des six houppes en forme de coralline, qui sont voisines de la tête; elles étoient dans un mouvement continuel, mais je ne les vis saisir aucun fardeau.

Étant obligé de profiter de la marée pour partir, l'agitation du bocal dans le transport interrompit l'ouvrage, & le défaut d'eau prise au bord de la pleine mer fit languir l'animal; il mourut au bout de deux jours.

Il suit de tout ce que je viens d'exposer que cet animal n'emploie, dans la construction de sa demeure, d'autre instru-

ment que ſes trompes; que la Nature l'a pourvu d'un réſervoir qui contient un gluten indiſſoluble à l'eau de la mer; qu'il n'introduit les grains de ſable dans l'entonnoir dont la tête eſt ſurmontée, que pour les enduire de cette eſpèce de glue deſtinée à les coler enſemble.

Ainſi, les Naturaliſtes qui penſent que les animaux de cette eſpèce, en ſe roulant dans le ſable, font ſortir de leur corps une humeur gluante capable de coler enſemble les matières dont ils s'habillent, adoptent un ſyſtême bien éloigné de celui de la Nature.

J'ai dit plus haut que cet animal a dans ſon tube une ſituation renverſée, & en effet de quatorze Tubulaires de cette eſpèce, je n'en ai trouvé que deux qui euſſent la tête tournée vers l'orifice ſupérieur.

S'il arrive que le ſable porté par les flots s'amoncèle ſur le tube, l'animal le continue juſqu'à ce qu'il ſoit plus élevé que le ſable. J'ai trouvé de ces tubes qui avoient deux & trois panaches à quelques pouces de diſtance, ce qui prouve qu'ils avoient été continués à deux & trois repriſes différentes; il s'habille indifféremment de ce qu'il trouve à ſa portée; mais les matériaux les plus peſans ſont toujours employés dans la partie du tube la plus enfoncée dans le rivage.

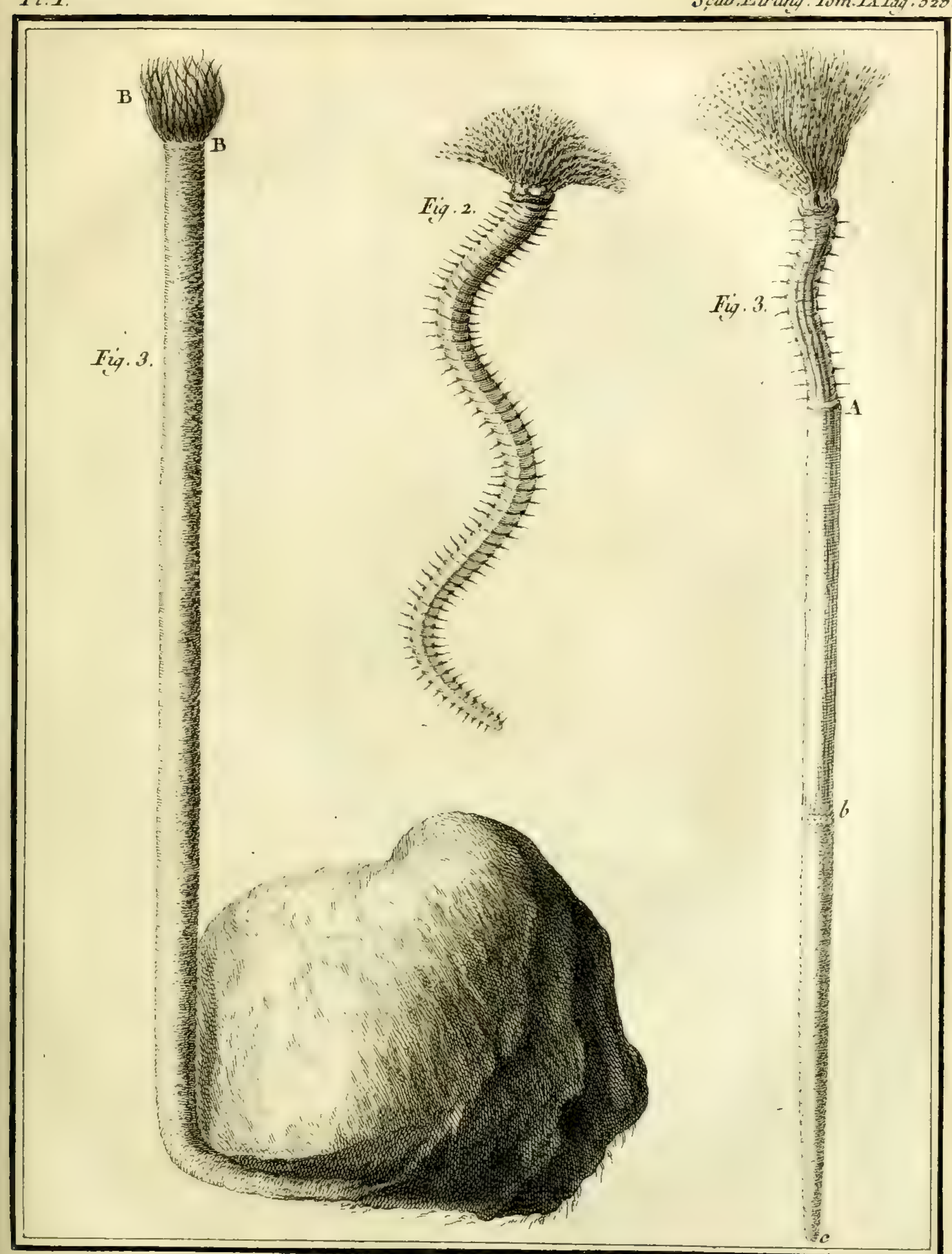
Pour caractériſer cet animal par la forme de ſa demeure, je lui donne le nom de *Corallina Tubularia littoralis, tubo membranaceo, molli, arenoſo, filamentis, ac detritu concharum florem demulantibus, coronato.*

Tubulaire à tube panaché de ſilamens, & de coquillages en forme de fleurs.

Il eſt du nombre de ceux que j'ai l'honneur d'envoyer à l'Académie, & eſt contenu dans le flacon *B;* mais, comme l'eſprit-de-vin défigure l'animal, détruit ſes couleurs, & ronge ſes trompes, j'ai ajouté un deſſein colorié d'après nature.

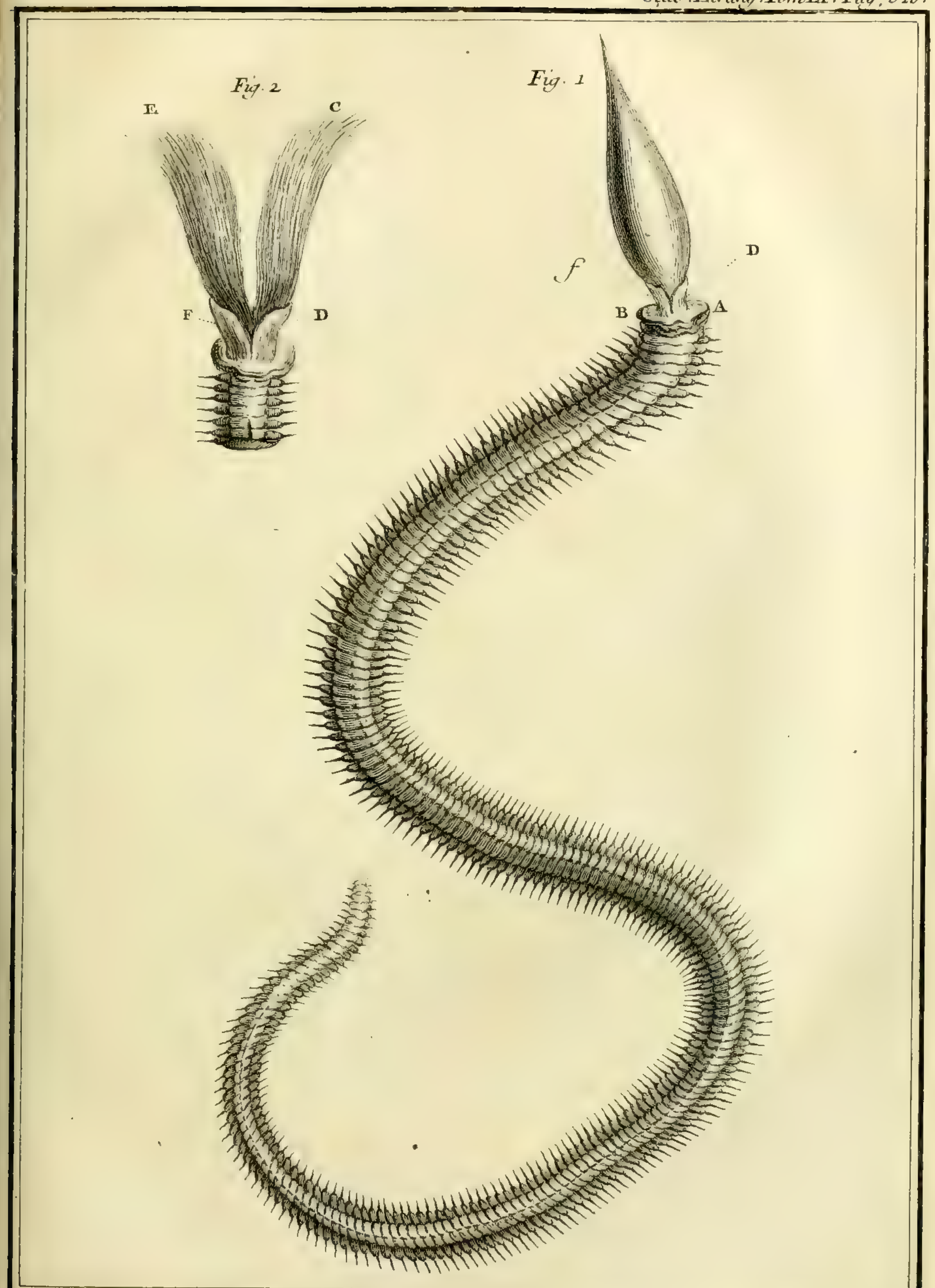


DESCRIPTION



Cᵗᵉ Haussard Sculp.





Cne Haussard Sculp.



DESCRIPTION D'UN INSECTE SINGULIER

TROUVÉ DANS LA RADE DE LOMARIAKER.

Par M. DE QUÉRONIC,

Ancien Conseiller au Parlement de Bretagne.

L'INSECTE dont on joint ici la figure, se trouva, le 30 Mars 1767, parmi les branches d'un Fucus à feuilles semblables à celles du petit Sedum, garni de corallines & autres productions de polypes. Ce Fucus se trouvoit sur des pierres auxquelles adhéroient les gros Tubulaires du Morbihan que M. l'Abbé *Mazeas* faisoit pêcher près du Bourg de Lomariaker, jadis la Capitale des Venètes, assiégée & prise par Jules César. Présenté le 4 Juillet 1767.

Au moment qu'on ôta ces petits animaux de leurs retraites, les plus forts d'entr'eux cherchèrent à s'échapper, & se mirent à marcher sur la table avec assez de vîtesse. Ils s'appuyoient sur les six pattes de derrière, & sur les deux bras armés de gros crochets qu'on voit à leur anneau antérieur. Se pliant en deux, ils rapprochoient & éloignoient successivement la tête, ainsi que l'anneau antérieur, & le derrière du corps, marchant à la manière des Chenilles arpenteuses.

La forme de ces animaux parut remarquable & d'autant plus intéressante qu'ils ont plusieurs traits de ressemblance avec un insecte trouvé aussi en mer à deux lieues au large de Ceylan par M. le Commandeur *Godeheu de Riville*, & dont il a donné la description à la fin d'un Mémoire

ſur la Mer lumineuſe, imprimé dans le *troiſième volume des Savans Etrangers.*

Notre inſecte eſt couvert d'une écorce ſemblable à celle des Puces de mer, de même conſiſtance, & auſſi d'un rouge lavé, ſur-tout après la mort de l'animal. C'eſt ce qui me porteroit à lui donner le nom de Puce de mer, auquel j'ajouterois celui d'*arpenteuſe* pour caractériſer ſa marche.

La figure *A*, repréſente l'animal de grandeur naturelle, & à-peu-près dans l'attitude où on l'a vu marcher.

B, eſt le même inſecte vu à la loupe, & deſſiné avec toute l'exactitude poſſible.

L'œil qu'on lui voit à chaque côté de la tête, eſt pendant ſa vie, ainſi que lorſqu'il eſt mort, du rouge le plus vif, ſemé de petits points jaunes.

Sa gueule eſt ouverte comme celle des poiſſons, & non comme celle des crabes, écreviſſes, *&c.* on l'a vu remuer les mâchoires qui ont pluſieurs plis tels qu'ils ſont repréſentés; mais il n'a pas été poſſible d'appercevoir ſi l'intérieur eſt garni de dents, comme l'inſecte de Ceylan.

C C, ſacs membraneux, velus, & blancs, dont il y a deux de chaque côté, en-deſſous l'un du ſecond, l'autre du troiſième anneau. Ces ſacs ſervent probablement à l'inſecte, à ſe ſoutenir dans l'eau & à nager.

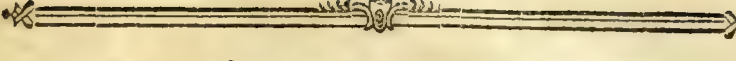
D, bras garnis chacun d'un gros crochet, parfaitement ſemblable à celui qui termine tous les pieds de l'inſecte de Ceylan.

La comparaiſon de notre *figure* avec celle de M. le Commandeur *Godeheu*, *page 276* du troiſième volume des *Savans Etrangers*, fera voir en quoi ces animaux ſe reſſemblent, & en quoi ils diffèrent l'un de l'autre.



Cne. Haussard Sculp.





MÉMOIRE

Dans lequel on examine le ſentiment des Anciens & des Modernes ſur l'origine des MACREUSES.

Par M. DE LA FAILLE,

Secrétaire perpétuel de l'Académie de la Rochelle, Honoraire & Aſſocié de celle d'Auſbourg, de Lunebourg, de Berne; des Sociétés d'Agriculture de la Rochelle, Tours, &c.

DE TOUTES LES FABLES qu'on a répandues juſqu'à ce jour ſur les productions de la Nature, il n'en eſt pas qui ait eu plus de vogue que la génération ſpontanée des Macreuſes, des Bernacles, des Judelles, des Oies d'Écoſſe. On s'eſt partagé à leur égard en diverſes opinions, qui ſont les mêmes pour le fond. Les uns ont ſoutenu qu'il y avoit en Angleterre des arbres qui au-lieu de fruits portoient des oiſeaux. Les autres prétendent que ces oiſeaux naiſſent ſur des planches pourries auxquelles ils tiennent par le bec, qu'ils s'en détachent lorſqu'ils ſont grands & dans toutes leurs forces. Quelques Auteurs avancent que ce ne ſont pas des oiſeaux qui pendent par le bec, mais de véritables coquilles dans leſquelles ſe forment, ſelon eux, ces oiſeaux qui en ſortent quand ils ſont en état de chercher leur vie.

Préſenté en 1769.

Ces générations monſtrueuſes ont été adoptées des premiers Naturaliſtes. Nous en trouvons la preuve dans *Pline*, dans *Elien*, & dans tous les Anciens chez qui la corruption étoit le principe de la plupart des ſubſtances animales. D'après eux cette erreur eſt paſſée avec une foule d'autres abſurdités dans les écrits de tous ceux qui ont traité ce ſujet.

Des jours plus purs ont ſuccédé à ces tems de ténèbres. L'amour du vrai, la phyſique & le flambeau de l'expérience ont diſſipé nos préjugés ſur les productions de la Nature. Comment, malgré ces ſecours, une origine auſſi fabuleuſe que l'eſt celle qu'on attribue à la Macreuſe & aux autres oiſeaux de cette eſpèce a-t-elle pu ſe ſoutenir ſur l'océan des ſiècles, & paſſer ſans altération juſqu'à nous?

Comment les Savans, le Peuple & toutes les Nations ont-ils pu embarraſſer & ſoutenir cette opinion. Copiſtes les uns des autres nos Hiſtoriens n'ont jamais écrit ſur cet objet que d'après des oui-dires. La Nature, qu'il étoit difficile, mais non pas impoſſible de conſulter, a toujours été miſe à l'écart. Le merveilleux a ſéduit l'imagination qui ſe repaît & s'enthouſiaſme ſouvent des choſes extraordinaires; on a mieux aimé croire qu'approfondir. MM. *Deſlandes* & *Dargenville*, n'ont fait que ſuivre le torrent & accréditer l'erreur. Le Docteur de *Grain d'Orge* eſt le ſeul, qui, malgré la prévention de ſon ſiécle, ait réclamé les loix de la Nature dans la reproduction de ces oiſeaux; mais il n'a fait que renvoyer aux effets ordinaires de la naiſſance, à l'ovation, à l'incubation, ſans fournir ſes preuves; auſſi ſon Ouvrage poſthume, quoique commenté & mis au jour par une habile main, (le célèbre *Malouin*,) n'a rien changé dans les eſprits.

J'oſe, après ce grand Homme, entrer dans une carrière épineuſe & traiter une matière enſévelie dans les plus épaiſſes ténèbres; pour y répandre plus de jour, il eſt indiſpenſable de connoître d'abord, & de ſuivre, dans tous ſes détails, le curieux Teſtacée qui joue ici un grand rôle; delà nous paſſons à la deſcription du volatil, qui fait l'objet de ce Mémoire.

Ce premier appartient à la claſſe des multivalves; je veux dire des coquillages compoſés de pluſieurs pièces. On le nomme en Bretagne *Sapinette*, à cauſe qu'il s'attache au ſapin, *Clakis* en Angleterre, à l'Amérique *Cravan*, & en

général *Conque-anatifere;* mot dont l'étimologie annonce aſſez ſon prétendu privilége. C'eſt une des plus belles coquilles qui parent les rivages du pays d'Aunis. Des trois ſortes que fournit l'Océan, on ne trouve ſur nos côtes que très-rarement & dans des endroits écartés celle que les Naturaliſtes connoiſſent ſous le nom de *Concha anatifera adherens.*

Ce coquillage, un des plus ſinguliers dans l'hiſtoire des Teſtacées marins, n'eſt jamais ſolitaire, il vit toujours en compagnie, groupé ſur quantité de ſes ſemblables. Il ſe trouve ordinairement attaché au bois ou aux pierres. Les débris flottans ſur la mer, ainſi que la carenne des vieux vaiſſeaux, ou qui viennent de long cours, en ſont quelquefois tout couverts : quelquefois auſſi ce poiſſon cache ſous ſa maſſe de groſſes coquilles, des Corallines, des Polypiers, des Madrépores. Les vents furieux & les tempêtes le déracinent ſouvent du fond des eaux ou du creux des rochers, & le jettent ſur nos rivages.

La Conque-anatifère n'eſt point comptée parmi les productions qui ſervent aux agrémens de la vie; mais l'éclat & la variété de ſes belles couleurs la font rechercher avec empreſſement des Curieux, qui lui donnent une place diſtinguée dans tous les Cabinets d'Hiſtoire Naturelle.

Cette coquille eſt pointue, très-platte & approche aſſez de la forme d'une amande. Elle eſt compoſée de cinq pièces dont la couleur principale qui tire ſur l'onix, eſt coupée de ramifications d'une teinte plus forte. Le contour de ces pièces eſt relevé d'un cordon ſaillant & jaune, qui, outre l'agrément qu'il y répand par une nuance vive oppoſée au fond, ſert à les contenir dans leurs mouvemens ordinaires. Les deux grandes valves touchent à la tige, & les deux autres plus petites forment la pointe de la coquille. Le bord de ces quatre pièces va ſe joindre au couvert d'une cinquième qui eſt oblongue, courbée & creuſée en gouttiere.

Ces cinq pièces, qui diffèrent entr'elles aſſez conſidérablement quant à la forme, ſont accouplées & tenues dans une mince pellicule, qui en tapiſſe la ſurface intérieure. Le jeu qu'elle donne aux valves dans la tenſion de l'animal, leur permet de s'étendre foiblement ou de ſe gonfler plutôt que de s'écarter.

Au premier coup-d'œil l'habitant de cette maiſon ne paroît pas intéreſſer beaucoup : ſa frange qui reſſemble aſſez à un plumaceau eſt confuſe. Mais, à l'examiner de près, ce petit corps ſe développe & s'alonge; les filamens, qui le forment, ſe diviſent & ſortent de la coquille. Ils ſont au nombre de vingt-ſix. Le plus long, qui eſt ſitué vers ſa pointe, eſt auſſi le plus mince : à meſure que ces ſortes de bras (car ils en font l'office) diminuent dans leur longueur, ils augmentent en volume. Leur arrangement eſt tel, ſoit au dedans ſoit au-dehors de la couverture, qu'ils paroiſſent ne s'en écarter jamais. Le premier eſt celui qui déborde le plus, le ſecond rentre davantage, le troiſième a moins de ſortie, ainſi des autres juſqu'au dernier. Chaque filament eſt un compoſé continu de vertèbres qui s'engrainent réciproquement, & dont la ſurface inférieure eſt armée de trois petits poils déliés & aſſez longs. Tous ces poils, qui s'étendent dans l'eau de mer n'ont qu'un mouvement d'aſcenſion, dont le jeu des vertèbres les rapproche plus ou moins, & lorſque le corps entier du plumaceau veut rentrer dans la coquille, les filamens ſe rapprochent & ſe réuniſſent ſous la forme d'un croiſſant.

C'eſt dans le centre de cette partie qu'on découvre la bouche. C'eſt un petit trou qui peut avoir environ deux lignes de diamètre, & qui a une ſorte de relief. Sur le bord de ce trou ſont implantés les vingt-ſix filamens que je viens de décrire. On peut dire qu'ils en ſont les gardiens, & qu'ils ſont autant faits pour lui fournir les alimens qui ſe prennent dans leurs filets, que pour la mettre à couvert.

C'eſt ici que commence la partie charnue, celle qui conſtitue vraiment l'animal. Elle eſt groſſe & ramaſſée, tant que le poiſſon eſt retiré ſous ſes valves; mais, lorſqu'il s'alonge & paroît au-dehors, ſon volume diminue & s'alonge auſſi. Les alimens reçus par le petit trou qui forme la bouche, ſont enſuite portés par un long conduit placé inférieurement à une iſſue qu'on croit être celle des excrémens.

Cette coquille, ainſi que l'animal qui s'y trouve renfermé, eſt attachée par ſon extrémité la plus large, à un boyau dont la groſſeur & l'étendue varient ſuivant l'âge du poiſſon : dans les uns, il a juſqu'à neuf pouces de longueur ſur huit lignes de diamètre; dans d'autres, il n'a que la moitié de ces deux proportions. Ce boyau eſt tantôt d'un jaune clair, tantôt d'une couleur de ſafran, & quelquefois d'un rouge peu foncé: telles ſont les différentes teintes des conques anatifères parvenues à leur entier accroiſſement; mais les plus petites ſont preſque toujours d'un blanc ſale. Ces nuances n'attaquent jamais que la partie inférieure du boyau, c'eſt-à-dire, celle qui eſt adhérente à un corps étranger, l'autre moitié qui ſe réunit à la coquille, tire, dans les uns & les autres, ſur le noir foncé. Cette partie eſt la ſeule qui ſouffre quelque contraction; elle eſt à cet effet ſillonnée, principalement à ſon extrémité ſupérieure, de groſſes ſtries tranſverſales, qui viennent finir vers le milieu du boyau : ſans la couleur ſombre, qui le couvre & l'enveloppe, il ſeroit tranſparent dans toute ſa longueur; car il n'eſt rempli que d'un mucilage glaireux, qui a l'air d'une vraie gelée: tant que l'animal eſt ſain, ce boyau eſt ferme & réſiſte à une aſſez forte preſſion; mais auſſi-tôt que le poiſſon commence à manquer d'eau ou d'aliment, il ſe flétrit & ſe ride; le mucilage, qui y eſt contenu, ſe fond peu-à-peu & ſort par l'ouverture des valves.

Tel eſt le coquillage ſur lequel l'antiquité a débité tant de fables & dont les Savans ont écrit tant de choſes incroyables, ſoit en le regardant comme l'origine & le principe d'une génération contraire à l'ordre naturel, ſoit en le métamor-

phoſant lui-même en Macreuſe. Nos modernes, ſans admettre en entier ces rêveries, ont cru leur donner un air de vérité, ou plutôt éclaircir ce myſtère, en ſoutenant que ces ſortes d'oiſeaux pouvoient fort bien pondre leurs œufs dans ces coquillages, & les ſubſtituer à la place du poiſſon qu'ils béquetent à cet effet : le récit circonſtancié de ce fait, qu'on lit dans un Recueil de différens Traités de Phyſique & d'Hiſtoire Naturelle, par M. Deſlandes, imprimé à Paris en 1736, eſt plus curieux que fondé en vérité. Nous allons le rapporter dans ſon entier.

« D'autres oiſeaux, dit M. Deſlandes, s'établiſſent dans les » endroits où il y a beaucoup de coquillages, ſur-tout de ceux » à deux pièces fortement attachées contre des rochers ou » contre des morceaux de bois ; & là, quand ils ſont à la veille » de pondre, ils béquetent le poiſſon renfermé dans ces di» vers coquillages & mettent leurs œufs à ſa place : ſans doute » que ces œufs trop foibles pour ſe ſoutenir d'eux-mêmes, y » reſtent collés par quelque liqueur viſqueuſe & gluante, juſ» qu'à ce que l'oiſeau rompe ſes enveloppes, & prenant plus » de nourriture, ſe ſerve enfin de ſes propres aîles. Voilà, à » mon avis, ce qui a donné lieu au peuple qui habite les côtes » de la Mer, de dire que les coquillages ſe transformeroient » eux-mêmes en oiſeaux.

« On me demandera, ſans doute, par quel art j'ai pu dé» couvrir (ajoute M. Deſlandes) une manœuvre ſi ſingu» lière & ſi peu remarquée juſqu'ici. Je répondrai ſans peine, » & à l'exemple des Phyſiciens les plus ſincères, que c'eſt » au haſard que je dois mes premières penſées ſur cette ma» tière. En 1729, quelques Navires Anglois ayant fait nau» frage *entre le Conquet & S. Matthieu*, la Mer en pouſſa les » débris & les membres épars ſur la côte. Il y eut pluſieurs » planches qu'on m'apporta par curioſité, & qui étoient char» gées de divers coquillages, principalement de moules & de » cammes. J'examinai ces coquillages avec ſoin, & je remar» quai

» quai que plusieurs d'entr'eux contenoient des embryons d'oi-
» seaux plus ou moins avancés, plus ou moins reconnoissa-
» bles : aux uns paroissoient seulement les aîles à demi-ca-
» chées ; on voyoit aux autres le bec & le corps déjà tout for-
» mé : j'ai cru qu'en faisant remettre ces planches à fleur d'eau
» & à l'abri du vent, je pourrois arriver à quelque chose de
» plus ; mais les coquillages, qui avoient déja été fort agités, se
» détacherent tous, & la mer les emporta.

» Ma curiosité n'étant pas entièrement satisfaite, je redou-
» blai de soin en 1730, pour avoir de pareilles planches char-
» gées de coquillages, en cas qu'il pût s'en trouver. Le nau-
» frage d'un Vaisseau François, qui revenoit du Nord de l'Ecosse,
» & qui y avoit passé l'hiver, m'en procura. Je revis avec plai-
» sir des embryons d'oiseaux renfermés encore dans des moules
» & des cammes, des œufs mêmes qui s'y trouvoient enve-
» loppés d'une matière visqueuse & gluante. Tout cela me
» confirma dans la pensée où j'étois, que, parmi les oiseaux de
» mer, il y en avoit de plus habiles & de plus industrieux les
» uns que les autres, qui pondoient leurs œufs dans des coquil-
» lages où ils demeuroient en sûreté jusqu'à ce qu'ils fussent en-
» tièrement éclos. »

Un aveu aussi formel, garanti & soutenu par un Physicien de réputation, qui dit avoir vu, seroit bien capable d'accréditer l'erreur, si l'on ne trouvoit dans le récit de M. Deslandes des contradictions, & si l'on n'y voyoit à découvert son goût pour le merveilleux & pour les choses extraordinaires. Il est à croire que, dans son récit, ce Naturaliste n'a pas cherché à altérer la vérité, il n'est pas permis de soupçonner sa bonne-foi ; mais la prévention, ce tyran impérieux, qui a tant de force sur l'esprit de ceux qu'il soumet à ses loix, lui a, sans doute, fasciné les yeux.

De tous les Auteurs, qui ont traité cette matière, il est le seul qui fasse sortir des oiseaux des moules & des cammes ; tous les

autres Ecrivains n'ont jamais accordé ce privilége qu'à nos ſapinettes.

Pourquoi des milliarts de moules, qui couvrent nos côtes & nos bouchots, n'ont-elles jamais fourni un pareil exemple? Ce coquillage s'attache, il eſt vrai, par un gluten, quelquefois par ſon *biſſus*, au bois, aux rochers & aux corps marins; mais on ne peut pas dire qu'il en ſoit ainſi des cammes, qui ne vivent jamais que dans le ſable, dans le limon ou dans la pierre. Cette coquille d'ailleurs, non plus que ſon poiſſon, n'a rien en elle-même qui puiſſe la coller à la carenne de nos Vaiſſeaux: auſſi n'y trouve-t on le plus ſouvent adhérent que des glands, des pouſſepieds, des huîtres à bec & à raſteau, des paquets de moules, & preſque toujours des conques anatifères. Voyons à préſent ſi cette ponte, de la part de nos Macreuſes, dans un nid auſſi extraordinaire, a quelque fondement, ou plutôt ſi elle eſt poſſible.

M. Dargenville, qui a prévu l'objection & ſa difficulté, avance à la *page* 317 de ſa Conchiliologie, ſeconde Edition, imprimée à Paris en 1757, « Qu'il ſe pourroit faire que, » comme la conque anatifère s'ouvre dans la mer, elle laiſsât » entrer l'œuf de la bernache qui eſt très-petit, molaſſe & en- » vironné d'un mucilage, par lequel il ſe colle aux différens » corps qu'il rencontre. Cet œuf ainſi attaché au poiſſon de » la conque anatifère, en tire ſa nourriture en vrai paraſite, » ainſi que de l'eau de la mer. » Cette ſolution haſardée, a tout l'air d'un paradoxe; l'Auteur qui ne cite pas ſon garant, n'a ſuivi que ſes idées, ou plutot s'eſt livré tout entier à l'eſſor d'une imagination prévenue ou échauffée. Comment prouver que les œufs de la Macreuſe ſont, contre l'ordre naturel, petits, molaſſes & ſans coque; & ſi l'un vivoit en vrai paraſite aux depens de l'autre, on les trouveroit ſouvent réunis ou confondus, ce qui n'arrive jamais: eſt il bien croyable encore que la Macreuſe abandonne ſes œufs au haſard & au mouvement des eaux de la mer, dans l'idée qu'ils pourroient

peut-être trouver un couvert ſous cette coquille ? On connoît trop l'attachement des oiſeaux pour leurs petits. Nous deſcendrons dans tous les détails de ces deux opinions, parce que le réſultat nous en fera voir l'abus ou la fauſſeté.

La Macreuſe eſt un oiſeau connu de tout le monde : il y en a de pluſieurs eſpèces, qui ſont toutes à-peu-près de la grandeur du canard domeſtique ; on diſtingue, à la couleur des plumes, le mâle de la femelle : celle-ci eſt toute griſe ; le mâle, au contraire, eſt d'un noir foncé, ce qui les fait nommer à Paris, *Diable de Mer* ; l'un & l'autre ont les aîles & les pattes aſſez courtes & propres à nager, l'œil ſombre, la paupière jaune ; ſur l'origine de la partie ſupérieure du bec, s'élève un tubercule charnu de la groſſeur d'une noiſette, d'un beau rouge, diviſé en deux lobes par une ligne jaune.

Les parties internes de cet oiſeau ne s'écartent en rien de l'ordre & de la configuration propre au genre volatile : tout y eſt conſtitué de la même manière que dans les autres ſortes de canards ; le mâle ſe diſtingue de la femelle, & l'ovaire n'a rien dans celle-ci qui ſoit digne de remarque : ſes œufs, bien loin d'être mous & glutineux, ont chacun une coque ferme, liſſe & très-ſéche. C'eſt un fait précis & bien certain, que j'ai eu occaſion de voir, de vérifier & d'examiner ſur une Macreuſe vivante, qui fut priſe en 1756, au mois de Mai, ſur le bord des côtes de la mer, par feû M. Deſnain, & dont il me fit préſent pour augmenter l'Ornithologie de mon Cabinet. Cette remarque s'étend à toute la claſſe des oiſeaux, on n'en connoît point qui ſoient dans le cas ſuppoſé. Les tortues, les léſards, les couleuvres & quelques reptiles, ſont les ſeuls qui pondent des œufs ſans coque ; je veux dire que l'embryon & la liqueur où il nage, ſont enveloppés d'une mince pellicule qui fléchit ſous les doigts ; mais ceux de la Macreuſe ſont fermes & capables de réſiſtance ; ils égalent en groſſeur les œufs de la poule. Comment un volume de cette nature, & qui n'eſt pas flexible, pourroit-il être dépoſé ou s'introduire

dans l'intérieur d'une coquille naturellement plate, qui n'a pas la moitié de cette grosseur, & dont l'ouverture ne sauroit s'étendre au-delà de cinq à six lignes? ce seroit heurter le bon sens que de soutenir une chose aussi absurde.

Il n'est pas moins révoltant de dire, que la Macreuse puisse béqueter le poisson de la conque anatifère, pour y substituer ses œufs, parce que ce testacée marin est tellement renfermé sous le couvert de ses pièces, qu'il faut nécessairement les forcer & les rompre pour parvenir jusqu'à lui. Si les bernaches usoient de violence contre ces sortes de coquillages, ils en formeroient des débris, qui ne pourroient présenter à leurs œufs aucune sûreté, & s'il étoit possible qu'ils pussent cacher leur ponte dans l'intérieur de ces multivalves morts, cet asyle ne seroit que momentané, vu que la corruption, en détruisant ce berceau, exposeroit nécessairement l'un & l'autre à toute la violence des tempêtes & à périr contre les rochers.

Il est donc impossible qu'une manœuvre aussi bizarre puisse avoir lieu; tous les animaux sont guidés dans leurs mouvemens, & principalement dans la reproduction de leur espèce, par un instinct sûr, infaillible & raisonné en apparence; instinct qui ne leur permet jamais de heurter les loix de la Nature ou de s'en écarter.

La Macreuse ne paroît sur nos côtes que vers la fin de l'automne & en hiver: au commencement du printems, elle se retire de nos rivages, & va chercher un ciel moins doux & plus convenable à sa constitution glaciale; elle se retire vers les plages septentrionales, y fait son nid dans le creux des rochers, s'y accouple, y pond ses œufs, & les couve comme les

autres volatiles ; il eſt vrai que ce nid eſt groſſièrement fait & preſque ſans art, l'oiſeau y fait entrer tout ce qu'il rencontre, le ſar, la mouſſe de mer, & le plus ſouvent des paquets entiers de conques anatifères, ſont les ſeuls matériaux qu'il emploie à cet édifice, & au milieu deſquels il dépoſe ſes œufs. Du ſein de ces coquilles ſort cette foule innombrable d'oiſeaux palmipèdes, qui habitent ordinairement les mers du Nord & de l'Ecoſſe ; mais cette naiſſance n'a rien d'équivoque ou d'extraordinaire : ce qui a paru merveilleux à tant d'Auteurs prévenus ou mal inſtruits, eſt ici réduit aux voies ſimples & naturelles d'une reproduction journaliere, conſtante & qui ne varie jamais. Cette vérité eſt garantie par le témoignage non ſuſpect & ſans intérêt de Girard de Werd, Hollandois, dans ſa troiſieme Navigation par le Nord. Voici ſes propres termes.

« Ramants alors plus avant vers l'Iſle, nous y trouvâmes » grand nombre d'oiſons ou des canards, qu'on nomme *Rot-Gauzen*, nous en tuâmes un que nous avons fait cuire, avec » environ ſoixante œufs que nous avons apporté à bord, le » 22 Juin 1596. Ces oiſons ou canards étoient préciſément » de la même eſpèce que ceux qui nous viennent tous les ans » aux environs de Wiringen en Hollande, & que l'on y prend » en très-grand nombre. On n'avoit pu ſavoir juſqu'à préſent » où ils pondent & où ils couvent leurs œufs, ce qui avoit » porté pluſieurs anciens Auteurs à aſſurer qu'ils croiſſoient en » Ecoſſe à des branches d'arbre qui pendent au-deſſus de l'eau, » dont les fruits qui y tombent, deviennent de petits oiſons » nageants, & ceux qui tombent en terre ſe crèvent & ſe

» gâtent. L'on voit ici maintenant le contraire. Ce n'eſt donc pas » merveilles qu'on n'ait pas ſu juſqu'à préſent où ces oiſeaux » pondoient leurs œufs, vu qu'il n'eſt perſonne qu'on ſache qui » ait encore pénétré ſous la hauteur du 80° degré, que la terre » ait été connue en cet endroit, & encore moins que les *Rot-* » *gans* y couvent leurs petits. »

Après des preuves auſſi fortes, auſſi préciſes de la part d'un Voyageur, qui parle de ce qu'il a vu & examiné lui même avec la plus ſérieuſe attention, il ſemble qu'on ne ſauroit plus former de ſoupçons ſur la naiſſance naturelle des Macreuſes, dont la reproduction ne peut ſe faire que par l'accouplement du mâle & de la femelle, & par l'incubation des œufs. Les conques anatifères ſont un genre d'être trop éloigné des oiſeaux, pour y trouver la moindre analogie. Un Curieux Militaire a ſuivi pendant dix-huit mois, ſur le côtes de Bretagne, la manœuvre de quelques-uns de ces poiſſons, qu'il obſervoit très-ſouvent, ſans y avoir jamais trouvé le moindre changement: j'ai fait de pareilles obſervations ſur ce teſtacée marin, dans l'Ance de Coreille, près de la Rochelle; mais, ni la coquille, ni l'animal, ne m'ont jamais préſenté d'œufs ni d'oiſeaux. Celui que nos Romanciers Naturaliſtes ont cru y voir, n'eſt autre choſe que le poiſſon même, dont l'enveloppe, pour égaler un canard naiſſant, devroit avoir dix fois plus de volume & vingt fois plus d'étendue, au moment que ce dernier eſt aſſez fort pour s'envoler. Cette migration occaſionneroit, tous les ans, dans nos coquillages, des loges vides, au lieu qu'ils ſont toujours habités, & que l'animal n'en ſort jamais.

Que d'objections à faire encore contre cette génération

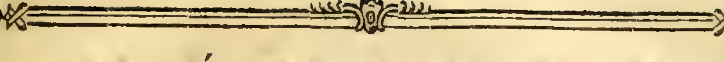
monſtrueuſe : où trouver cette douce chaleur ſi néceſſaire à l'œuf pour éclorre ? où prendre la nourriture convenable au petit canard dans les premiers momens de ſa vie ? Dans ces inſtans de la naiſſance, où un état de langueur & de débilité ne lui permet de rien faire par lui-même, dira-t-on que les eaux de la mer ſuppléent à tout ce qui paroît lui manquer? tous les reptiles, qui ne couvent point leurs œufs, les expoſent aux ardeurs du Soleil, & les tortues ne dépoſent les leurs dans le ſable des rivages de la mer, que pour augmenter par-là l'effet de ſes rayons.

Quelle peut donc être la ſource d'une mépriſe auſſi accréditée: je la trouve dans la figure du plumaceau de la conque anatifère, dont les filamens reſſemblent aſſez à l'aile d'un jeune oiſeau couvert de ſon premier duvet ; mais cette reſſemblance ne ſauroit ſéduire que ceux qui, ſe contentant d'un examen ſuperficiel, voient, par la prévention & par l'entêtement, ce qui n'exiſte pas. Les glands de mer & les pouſſepieds renferment un pareil animal, que l'on n'a jamais ſoupçonné d'être l'embryon de la bernache. Les conques anatifères ſe perpétuent, à l'exemple des huîtres par une ſorte de frai & de gelée, qui s'attache à tout ce qu'il rencontre : ce frai donne naiſſance à l'animal dont on reconnoît aiſément la coquille juſques dans ſa foible origine. J'ai vu des ſapinettes de la groſſeur d'un grain de millet. Ces coquillages n'ont d'autres rapports avec les Macreuſes, que parce qu'elles en ſont le plus ſouvent leur nourriture ; c'eſt ce que l'on peut aiſément vérifier, par l'ouverture & la diſſection ; l'eſtomac de ces oiſeaux eſt ordinairement rempli de ces ſortes de teſtacées, qu'ils emploient

encore (comme je l'ai rapporté plus haut) à la conſtruction de leurs nids; mais les ſecours qu'ils tirent des conques anatifères ſont bornés à cet uſage ſeul, & l'examen le plus attentif & le plus réfléchi, n'offre rien qui puiſſe ſe concilier, ni avec le récit révoltant de M. Deſlandes & de M. Dargenville, & encore moins avec le Roman dans lequel on a traveſti l'origine & l'hiſtoire de ces oiſeaux.



MÉMOIRE



MÉMOIRE
SUR
LES FONCTIONS ARBITRAIRES CONTINUES OU DISCONTINUES,
Qui entrent dans les Intégrales des Équations aux Différences finies.

Par M. MONGE,

Correſpondant, Profeſſeur-Royal de Mathématiques, & de Phyſique Expérimentale, aux Écoles du Génie.

Préſenté le 20 Août 1774.

LES DIFFICULTÉS de l'Intégration ne ſont pas les ſeules que l'on rencontre en traitant les Équations aux Différences partielles; pour peu que l'on ſoit au fait de cette matière, on ſait que les intégrales complètes de ces équations, contiennent autant de fonctions arbitraires de variables, qu'il y a d'unités dans le degré de la différencielle, & que les formes, d'abord arbitraires, de ces fonctions, doivent être déterminées & particulariſées, de manière que l'équation ſatiſfaſſe aux conditions particulières de la queſtion, qui ſont, pour l'ordinaire, que la ſurface, qui eſt le lieu de l'équation, paſſe par autant de courbes, à double courbure, données, continues ou diſcontinues, qu'il y a de fonctions arbitraires dans l'équation. Outre les difficultés de l'analyſe ordinaire, cette opération en éprouve encore de particulières dans certains cas; par exemple, ſi l'équation ne renferme qu'une fonction, & qu'elle ſoit de cette forme, $z = M + N \varphi V$, M, N & V étant des quantités quelconques données en x & y, j'ai fait voir qu'il étoit toujours poſſible, en ſuppoſant la perfection de l'analyſe ordinaire, de trouver la forme

de la fonction φ, pour qu'en faisant $y = F \cdot x$, l'on ait $z = f \cdot x$, & qu'on pouvoit toujours la construire, quand même les quantités M, N, V, F, x & $f \cdot x$, ne seroient pas soumises à la loi de continuité, ni par conséquent expressibles analytiquement.

Il en est de même, si l'équation renferme plusieurs fonctions arbitraires, pourvu toutefois que les fonctions soient composées de la même quantité; par exemple, dans l'équation..

$$z = M + N \varphi V + P \psi V \ldots\ldots \&c.$$

on peut toujours déterminer les formes des fonctions φ, ψ ...... &c. de manière qu'elles satisfassent à autant de de conditions qu'il y a de fonctions; c'est-à-dire, de manière qu'en faisant ....

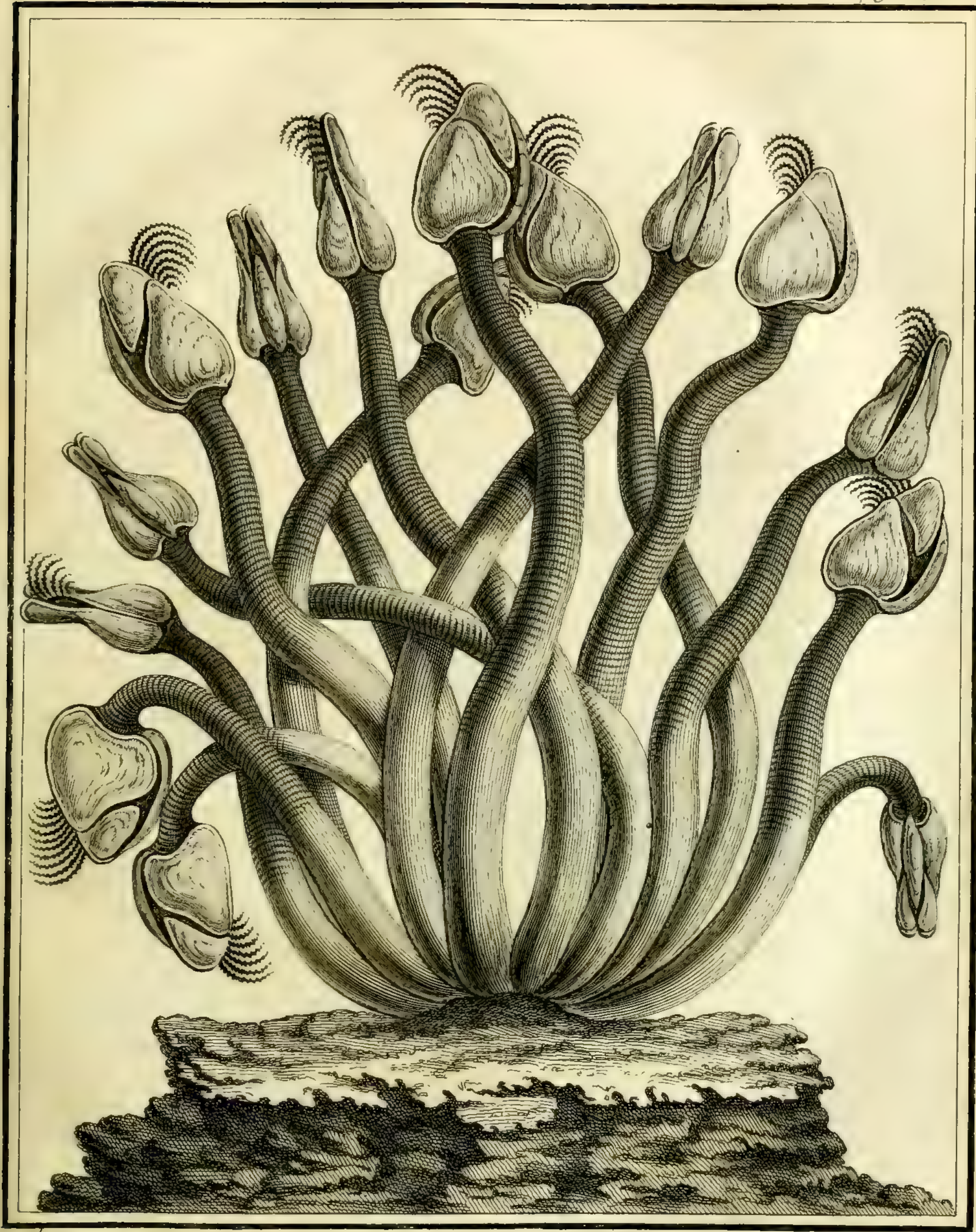
$$y = F \cdot x, \text{ on ait } z = f \cdot x,$$
$$y = F' \cdot x, \text{ on ait } z = f' . x,$$
$$\&c. \ldots\ldots\ldots\ldots \&c.$$

Et, si ces formes ne peuvent pas être analytiques, ce qui arrive lorsque les quantités M, N, P ... V, $F \cdot x$, $F' \cdot x$ ... $f \cdot x$, $f' . x$ .... &c. sont discontinues, j'ai fait voir qu'on pouvoit toujours au moins construire l'équation; ainsi, jusques-là, l'on n'éprouve d'autres difficultés que celles de l'analyse ordinaire.

Mais, si les quantités dont sont composées les différentes fonctions arbitraires, sont différentes; si, par exemple, l'équation est de cette forme, ...

$$z = M + N \varphi V + P \psi W \ldots\ldots \&c.$$

il ne m'est plus possible de la construire par les méthodes que j'ai données, même en ne supposant aucune discontinuité, ni dans les quantités M, N, P ... V, W ... &c. ni dans les conditions auxquelles il faut satisfaire: la détermination analytique de ces fonctions, dépend alors de l'intégration d'une équation aux différences finies, à deux variables, d'un ordre moindre d'une unité que le nombre des fonctions, & dans



Elth Haussard Sculp.

laquelle les différences finies de la variable principale, sont variables elles-mêmes. On peut voir les Mémoires que j'ai donnés sur cette matière, & particulièrement un Mémoire de M. le Marquis *de Condorcet*, que cet illustre Géomètre a eu la bonté de me communiquer, & qui doit être imprimé parmi ceux de l'Académie Royale des Sciences de Paris, *Année* 1771.

Il suit delà que la perfection du calcul intégral des équations aux différences partielles, dépend de celle du calcul intégral des équations aux différences finies: ce dernier genre de calcul a déjà été poussé très-loin par MM. *d'Alembert*, *Euler*, *Lagrange* & *de Condorcet*; M. *Euler* a remarqué que lorsque la différence finie de la variable principale x est constante, & exprimée par a, l'intégrale d'une équation aux différences finies, doit, pour être complète, contenir une fonction arbitraire des quantités $\sin\frac{\pi.x}{a}$ & $\cos\frac{\pi.x}{a}$, π étant le rapport de la circonférence au rayon; (*) mais je ne crois pas que personne ait encore donné la manière de trouver la quantité dont doit être composée la fonction, lorsque la différence finie de la variable principale, n'est pas constante: je me propose, dans ce Mémoire, 1.° De faire voir que, quelle que soit cette différence finie, l'intégrale complète d'une équation aux différences finies d'un ordre quelconque, doit contenir un nombre de fonctions arbitraires égal au degré de la différentielle; 2.° De démontrer que les fonctions peuvent être continues ou discontinues, comme celles des intégrales des équations aux différences partielles; 3.° De donner un procédé pour trouver de quelles quantités doivent être composées ces fonctions; 4.° De faire voir de quelle nature doivent être les conditions qui peuvent servir à les déterminer;

(*) *Voyez* l'Ouvrage de M. le Marquis *de Condorcet*, intitulé: *Lettre à M.* d'Alembert, *page 50*, & son Mémoire imprimé dans le Volume des *Mémoires de l'Académie*, pour l'Année 1770. M. *de La Place* avoit aussi donné, avant moi, la manière de compléter les intégrales des équations aux différences finies, & me l'avoit même communiquée de vive voix; mais je n'en avois plus la moindre idée, lorsque je travaillois à ce Mémoire.

5.° Enfin de donner la construction de ces fonctions, lorsque les conditions ne sont pas assujéties à la loi de continuité, pour être clair, & suivre un certain ordre dans cette matière: je vais commencer par les cas les plus simples, quoiqu'ils soient déjà connus, & supposer d'abord que la différence finie de la variable principale, soit constante.

J'appelle variable principale d'une équation aux différences finies, celle à la différence finie de laquelle est assujétie la différence finie de l'autre variable: si l'on propose, par exemple,
Fig. 1. de trouver la courbe AMN telle qu'ayant mené l'ordonnée quelconque MP, & porté de P en Q une droite quelconque PQ, qui soit toujours la même, quelque part que soit pris le point P, l'on ait toujours l'ordonnée QN = QM: il est évident qu'en faisant $AP = x$, $MP = y$ & $PQ = \Delta x$, l'on aura $QN = y + \Delta y$ & $QM = \sqrt{(y^2 + (\Delta x)^2)}$: la question exige donc que l'on ait $y + \Delta y = \sqrt{(y^2 + (\Delta x)^2)}$, ou $(y + \Delta y)^2 - y^2 = (\Delta x)^2$; mais le premier membre est la différence finie de y^2, & d'ailleurs on a $\Delta x =$ constante $= a$; on aura donc $\Delta \cdot y^2 = a \Delta x$; équation aux différences finies, dans laquelle x est la variable principale, parce que c'est d'après la différence finie de x qu'a été prise la différence finie de y^2; d'où l'on voit que le caractère Δ n'est pas absolu, mais que c'est un signe relatif, dont on ne peut donner l'idée, qu'en donnant la valeur de Δx.

Cela posé, la différence finie de la variable principale étant constante, ou Δx étant $= a$, soit proposé d'intégrer l'équation $\Delta V = A \Delta U$, A étant une constante, & les quantités V & U, des fonctions données en x & y, il est évident que l'équation $V = AU$, satisfait à la différencielle, & par conséquent est une intégrale de la proposée; mais cette intégrale n'est pas complète, parce que, si ω est une quantité qui ne varie point, lorsque x devient $x + \Delta x$, l'équation $V = AU + \omega$ satisfera de même à la proposée, comme on peut s'en assurer

par la différenciation : donc, après avoir intégré une équation aux différences finies, il faut, pour la compléter, ajouter une quantité ω, telle que l'on ait $\Delta\omega = 0$: ainſi, l'intégrale complète de $\Delta \cdot y^2 = a\Delta x$, ou l'équation de la courbe demandée AMN, eſt $y^2 = ax + \omega$.

Actuellement, pour trouver la quantité ω, ſoit AD la ligne des x, dont le point A ſoit l'origine, & concevons un cercle tangent à cette droite, dont la circonférence ſoit $= a$, & dans lequel on ait mené le diamètre AF perpendiculaire à AD; concevons enſuite que ce cercle roule ſur la droite AD, comme on le ſuppoſe ordinairement pour la génération de la cycloïde, & que le diamètre AF ſoit mobile avec lui, il eſt évident que le point A de la circonférence reviendra ſucceſſivement toucher la droite en des points B, C, D, . . . &c. diſtans entr'eux de la quantité a : il en eſt de même de tous les points de la circonférence; ainſi, le point M s'appliquant en m, retouchera encore la droite AD, dans les points m', m'', . . . &c. diſtans entr'eux de la quantité a; de manière que ſi l'on a $Am = x$, on aura $Am' = x + \Delta x$; pareillement, ſi l'on a $Am' = x$, on aura auſſi $Am'' = x + \Delta x$: de plus, quelque part que ſoit le cercle, ſi l'on abaiſſe du point de contact une perpendiculaire ſur le diamètre af, cette perpendiculaire variera de longueur, ſuivant les différentes poſitions du cercle; mais, ſi elle eſt mi lorſque le cercle eſt en m, $m'i'$ lorſqu'il eſt en m', $m''i''$ lorſqu'il eſt en m'' . . . &c. on aura, $mi = m'i' = m''i'' =$ MI : donc cette perpendiculaire ne variera pas, lorſque la quantité x deviendra $x + \Delta x$: donc ſa différence finie ſera $= 0$: ainſi, la quantité MI pourroit être priſe pour ω, & l'équation $V = AU + MI$, ſeroit auſſi une intégrale de l'équation $\Delta \cdot V = A\Delta \cdot U$; mais nous allons voir que cette intégrale n'eſt pas encore complète. *Fig. 2.*

En effet, ſi au-lieu de faire rouler un cercle ſur la droite AD, l'on eût pris une toute autre figure, continue ou diſcontinue, rentrante en elle-même, comme dans la *Fig. 3*,

ou non rentrante, & terminée brusquement en a, comme dans la *Fig.* 4, mais dont le contour auroit été égal à $\Delta x = a$, l'on auroit eu le même résultat; c'est-à-dire, que l'on auroit trouvé la perpendiculaire MI variable pour les différens x, mais toujours la même, lorsque x devient $x + \Delta x$: or, suivant que ces courbes mobiles AEFG seroient continues ou discontinues, la perpendicnlaire MI seroit soumise ou non à une loi de continuité: *donc la constante* ω, *que l'on doit ajouter à l'intégrale d'une équation aux différences finies, pour la rendre complète, doit être regardée comme pouvant être continue ou discontinue.*

Fig. 3 & 4.

Pour donner l'expression générale de ces différentes valeurs de MI, ne considérons plus que la *Fig.* 2, où nous supposons que ce soit un cercle, qui roule sur la droite AD, & soit, de plus (*Fig.* 5), une courbe quelconque NOP, continue ou discontinue; on peut même supposer qu'il y ait, comme dans la *Fig.* 6, des solutions de contiguité, de manière qu'elle soit composée d'arcs NT', TS', SP, ... &c. non-seulement discontinus, mais encore discontigus; soit QR la ligne de x, dont le point Q soit l'origine, & soit $y = \varphi \cdot x$ le symbole de l'équation de cette courbe, en sorte que l'on ait $\text{OR} = \varphi(\text{QR})$; cela posé, il est clair que si l'on prend la perpendiculaire MI (*Fig.* 2), & qu'on la porte de Q en R, l'ordonnée OR sera constante, tant que QR = MI sera constante: donc la quantité OR ne variera pas, lorsque x deviendra $x + \Delta x$; donc on aura $\Delta \cdot (\text{OR}) = 0$; donc OR est une quantité qu'on pourroit prendre à la place de ω, pour compléter l'intégrale, qui seroit $\text{V} = \text{AU} + \varphi(\text{QR}) = \text{AU} + \varphi(\text{MI})$, la fonction φ étant quelconque, & pouvant être continue ou discontinue.

Fig. 2, 5, 6.

Il est à remarquer, 1.° Que non-seulement la perpendiculaire MI redevient égale à elle-même, lorsque x devient $= x + \Delta x$, mais encore lorsque x devient $= \frac{a}{2} - x$; 2.° Que la droite HI redevient aussi égale à elle-même, lorsque x devient $= x + \Delta x$; mais non pas lorsque x devient $\frac{a}{2} - x$;

donc une fonction quelconque des deux droites MI & HI, sera constante relativement à Δx; c'est-à-dire, que l'on aura $\Delta \cdot \varphi$ (MI & HI) $=$ o; donc l'intégrale complète de la supposée sera V $=$ AU $+ \varphi$ (MI & HI), la fonction φ étant quelconque: or MI est le sinus de l'arc AM, ou de x, en prenant HM pour rayon, & HI le cosinus du même arc; donc π étant le rapport de la circonférence au rayon, on aura ...... $MI = \frac{a}{\pi} \mathit{sin}\left(\frac{\pi x}{a}\right)$ & $HI = \frac{a}{\pi} \mathit{cos}\left(\frac{\pi x}{a}\right)$; donc l'intégrale demandée sera $V = AU \cdot \varphi\left(\mathit{sin}\left(\frac{\pi x}{a}\right) \,\&\, \mathit{cos}\left(\frac{\pi x}{a}\right)\right)$: ainsi, l'équation de la courbe AMN (*Fig.* 1), ou l'intégrale complète de $\Delta \cdot (y^2) = a\Delta x$ sera $y^2 = ax + \varphi\left(\mathit{sin}\left(\frac{\pi x}{a}\right) \,\&\, \mathit{cos}\left(\frac{\pi x}{a}\right)\right)$. (*Voyez* la construction de cette équation, dans le Problême IX).

Jusqu'ici je n'ai rien dit qui ne fût connu des Géomètres, seulement je ne pense pas que l'on ait remarqué que la fonction arbitraire, qui complète cette intégrale, pouvoit être continue ou discontinue.

Corollaire premier.

Il suit delà que la détermination des fonctions arbitraires, qui entrent dans les intégrales des équations aux différences partielles, & qui peuvent être continues ou discontinues, dépend d'un calcul qui introduit de nouvelles fonctions arbitraires, qui peuvent, comme les premières, être ou n'être pas soumises à la loi de continuité; mais avec cette différence, que les quantités dont sont composées les premières, sont à deux variables, & que celles qui entrent dans celles-ci n'en contiennent qu'une.

Corollaire II.

Puisque, pour trouver la quantité ω, qui doit entrer dans la fonction arbitraire qu'on ajoute pour compléter l'intégrale

d'une équation aux différences finies, il suffit de faire $\Delta\omega = 0$, Δx étant donné, sans avoir égard à l'équation que l'on a intégrée, il suit que cette quantité ne dépend nullement de l'équation intégrée, & qu'elle sera la même pour toutes les équations dans lesquelles la différence finie de x sera la même.

Corollaire III.

Le calcul intégral des équations aux différences finies, renferme donc trois opérations principales; 1.° L'intégration proprement dite; 2.° La recherche de la fonction arbitraire, qu'il faut ajouter pour compléter l'intégrale dans une certaine hypothèse donnée de la différence finie de la variable principale; 3.° Enfin la détermination de cette fonction, pour que l'equation satisfasse aux conditions particulières de la question.

Sur la première de ces opérations, on peut consulter les Mémoires de MM. *de Lagrange* & *de Condorcet;* on en verra d'ailleurs quelques exemples dans la suite de ce Mémoire, dont les deux autres opérations sont l'objet principal.

Problême fondamental.

Étant donné le rapport de la variable principale x, *à sa différence* Δx, *pour une équation aux différences finies à deux variables, trouver la fonction arbitraire qu'il faut ajouter pour compléter son intégrale.*

Solution.

Fig. 7. Soit BCDE un cercle, dont le point A soit le centre, & auquel on rapporte l'equation polaire d'une courbe ASHEMLRP, de manière que B étant l'origine, l'arc BN, & la droite AM correspondante, soient les coordonnées de la courbe; cela posé, il est évident que si la courbe fait plusieurs circonvolutions autour du pole A, pour le même point N, la droite AM coupera plusieurs fois la courbe, comme en S, M, P . . &c. c'est-à-dire,

c'eſt-à-dire, qu'à une même abciſſe BN, répondront pluſieurs points S, M, P .. &c. de la courbe; d'où il ſuit, que ſi l'on abaiſſe ſur AB une perpendiculaire NQ, les deux droites NQ & AQ, qui auront ſucceſſivement différentes valeurs pour les différens points de la courbe, reprendront les mêmes valeurs dans les points S, M, P ... &c. ce que je viens de dire du point M, doit s'entendre de tous les points de la courbe qui répondent à la même abciſſe circulaire; ainſi, par exemple, ſi pour une autre abciſſe Bn, on abaiſſe la perpendiculaire nq, & qu'on mène l'ordonnée An prolongée juſqu'à ce qu'elle coupe la courbe dans les points $ſ$, m, p ... &c. pour tous ces points, les droites nq & Aq auront les mêmes valeurs, quoique ces valeurs ſoient différentes de celles qui leur conviennent pour les points S, M, P ... &c. Si donc on conçoit que la courbe roule ſur la droite AB, prolongée s'il eſt néceſſaire, de manière que tous ſes points s'appliquent ſucceſſivement ſur ceux de la droite, & que les points M′, m', P′, p' ſoient ceux où les points correſpondans M, m, P, p touchent la droite dans ce mouvement, il eſt clair que pour les points M′ & P′, une fonction quelconque des droites NQ & AQ, aura la même valeur, quoique cette valeur puiſſe être différente pour tous les autres points. Semblablement une fonction quelconque des droites nq & Aq aura la même valeur pour les points m' & p': donc, ſi la courbe eſt telle, que AM′ étant la variable principale x, dans une équation aux différences finies propoſée, M′P′ ſoit la différence finie Δx; une fonction quelconque continue ou diſcontinue des droites NQ & AQ, aura la même valeur pour les deux hypothèſes de $x = x$ & $x = x + \Delta x$; donc ſa différence finie ſera $= 0$; donc on pourra l'ajouter à l'intégrale, pour la compléter. La queſtion eſt donc réduite à trouver l'équation de la courbe ASHEM, afin d'avoir l'expreſſion de NQ & de AQ.

Or AM′ eſt le développement de la partie ASHEM de la courbe, qui répond à l'abciſſe BN, & M′P′ eſt le développement de la partie MLRP, qui répond à l'accroiſſement de

l'abciſſe = à la circonférence entière BCDEB; donc, pour ſatisfaire à la queſtion, la courbe ASHEM doit être telle que la partie ASHEM étant $= x$, la partie MLRP ſoit $= \Delta x$; c'eſt-à-dire, qu'en nommant a le contour du cercle BCDE, & l'abciſſe $BN = \omega$, cette courbe doit être telle que ſon contour pour une abciſſe ω étant $= x$, ſon contour pour une abciſſe $= \omega + a$ ſoit $= x + \Delta x$: mais on connoît le rapport de x à Δx, par hypothèſe; donc, en intégrant l'équation aux différences finies, qui donne ce rapport, on aura l'équation de la courbe, qui ſervira à connoître les valeurs des droites NQ & AQ, & par conſéquent celle de la fonction arbitraire, qui doit compléter l'intégrale de la propoſée: ceci s'éclaircira par quelques applications.

PROBLÊME II.

La différence finie de la variable principale étant $\Delta x = x$, trouver la fonction arbitraire qui doit compléter l'intégrale d'une équation aux différences finies propoſée.

SOLUTION.

Suivant ce qui vient d'être dit dans le Problème précédent; on intégrera l'équation $\Delta x - x = 0$, en regardant comme conſtante la différence finie de la variable principale ω; pour cela, on fera $x = e^u$, d'où l'on tirera $\Delta x = e^{u+\Delta u} - e^u$; &, ſubſtituant cette valeur dans $\Delta x - x = 0$, on aura $e^{u+\Delta u} - 2e^u = 0$; diviſant par e^u, & paſſant aux nombres $\frac{\Delta u}{L.2} = 1$; mais, puiſque l'on a $\Delta \omega = a$, on aura $\frac{\Delta \omega}{a} = 1$, & par conſéquent $\frac{\Delta u}{L.2} = \frac{\Delta \omega}{a}$, d'où l'on tirera, en intégrant, $au = \omega L \cdot 2$: je néglige ici la conſtante arbitraire, parce qu'il n'eſt pas néceſſaire de connoître toutes les courbes poſſibles, qui pourroient remplir le même objet que celle de la Figure 7; mais qu'il ſuffit d'en avoir une: l'équation de cette courbe eſt donc $u = \frac{\omega L.2}{a}$, ou, mettant pour u ſa valeur, $Lx = \omega \frac{L.2}{a}$, ou enfin $x = 2e^{\frac{\omega}{a}}$, e étant le nombre

dont le logarithme eſt $= 1$. Actuellement x étant donné, pour trouver les valeurs des droites NQ & AQ, il faut remarquer qu'elles ſont les ſinus & coſinus de l'arc BN, ou de l'arc ω, en prenant AN pour rayon ; or l'équation $x = 2e^{\frac{\omega}{a}}$, donne $\omega = a^{\frac{L.x}{L.2}}$; donc, en exprimant par π le rapport de la circonférence au rayon, on aura $NQ = \frac{a}{\pi} \mathit{ſin} \frac{\pi L.x}{L.2}$ & $AQ = \frac{a}{\pi} \mathit{coſ} \frac{\pi L.x}{L.2}$; d'où il ſuit que la fonction arbitraire demandée ſera .... $\varphi\left(\mathit{ſin} \frac{\pi L.x}{L.2} \text{ \& } \mathit{coſ} \frac{\pi L.x}{L.2}\right)$.

En effet, ſi dans cette quantité on met par-tout $x + x$, ou $2x$, à la place de x, elle deviendra $\varphi\left(\mathit{ſin} \frac{\pi L.2x}{L.2} \text{ \& } \mathit{coſ} \frac{\pi L.2x}{L.2}\right)$, ou $\varphi\left(\mathit{ſin}\left(\pi + \frac{\pi L.x}{L.2}\right) \text{ \& } \mathit{coſ}\left(\pi + \frac{\pi L.x}{L.x}\right)\right)$, & par conſéquent ne changera pas de valeur : donc, &c.

Corollaire.

Il ſuit delà que la recherche de la fonction arbitraire qu'il faut ajouter, pour compléter l'intégrale d'une équation aux différences finies, dans laquelle la différence finie de la variable principale eſt variable, dépend de l'intégrale d'une équation aux différences finies, dans laquelle la différence finie de la variable principale, eſt conſtante.

Problême III.

Le rapport de la variable principale à ſa différence finie étant exprimé par l'équation $\Delta x = a + bx$, *trouver la fonction arbitraire qui doit compléter l'intégrale, ou, ce qui revient au même, intégrer* $\Delta y = 0$.

Solution.

On cherchera l'équation de la courbe ASHEM, en intégrant l'équation $\Delta x = a + bx$, par rapport à une différence finie conſtante ; pour cela, on fera $a + bx = e^{u}$; ce qui donnera

$\Delta x = \frac{e^{u+\Delta u} - e^u}{b}$; d'où l'on tirera, en ſubſtituant cette valeur dans la propoſée, $e^{u+\Delta u} = (b+1)\,e^u$: & enfin $\frac{\Delta u}{L.(b+1)} = 1$: mais ω étant la variable principale de cette équation, on aura $\omega = a$, ou $\frac{\Delta \omega}{a} = 1$; on aura donc $\frac{\Delta u}{L.(b+1)} = \frac{\Delta \omega}{a}$, dont l'intégrale ..... $\omega = \frac{au}{L.(b+1)} = \frac{a L.(a+bx)}{L.(b+1)}$ ſera l'équation de la courbe ASHEM, & donnera, en x, la valeur de l'arc BN $= \omega$; ainſi, en nommant π le rapport de la circonférence au rayon, on trouvera QN $= \frac{a}{\pi}\, ſin\, \frac{\pi L.(a+bx)}{L.(b+1)}$ & AQ $= \frac{a}{\pi}\, coſ\, \frac{\pi L.(a+bx)}{L.(b+1)}$, & par conſéquent la fonction arbitraire demandée ſera ....

$$\varphi\left(ſin\, \frac{\pi L.(a+bx)}{L.(b+1)} \;\&\; coſ\, \frac{\pi L.(a+bx)}{L.(b+1)}\right):$$

En effet on peut s'aſſurer, en mettant dans cette quantité $x + a + bx$, à la place de x, qu'elle ne change pas de valeur, & que ſa différence finie eſt $= 0$.

PROBLÊME IV.

Le rapport de variable principale à ſa différence finie étant exprimé par $\Delta x = ax^n - x$, *trouver la fonction arbitraire qui doit compléter l'intégrale, ou autrement intégrer* $\Delta y = 0$.

SOLUTION.

On intégrera d'abord l'équation $\Delta x = ax^n - x$, en regardant comme conſtante la différence finie de la variable principale, &, pour cela, on fera, comme précédemment, $x = e^u$, d'où l'on tirera, par ſubſtitution, $e^{u+\Delta u} = ae^{nu}$; ce qui donnera $\Delta u = L \cdot a + (n-1)\,u$: on fera encore $L \cdot a + (n-1)\,u = e^{u'}$; d'où, prenant la valeur de u, & la ſubſtituant dans .... $\Delta u = L \cdot a + (n-1)\,u$, l'on aura $\frac{\Delta u'}{L.n} = 1$; mais ω étant la variable principale, & a ſa différence finie, on aura auſſi $\frac{\Delta \omega}{a} = 1$: donc on aura $\frac{\Delta u'}{L.n} = \frac{\Delta \omega}{a}$, dont l'intégrale eſt $\omega = \frac{au'}{L.n}$: mettant, pour u', ſa valeur $L \cdot (L \cdot a + (n-1)\,u)$, &, pour u, ſa valeur

$L.x$, on aura enfin $\omega = \frac{a L.L.(ax^{n-1})}{L.n}$ pour équation de la courbe ASHEM, & pour valeur de l'arc BN : ainſi, π étant la circonférence, dont le rayon $= 1$, on aura ....
$QN = \frac{a}{\pi} \mathit{ſin} \frac{\pi L.L.(ax^{n-1})}{L.n}$ & $AQ = \frac{a}{\pi} \mathit{coſ} \frac{\pi L.L.(ax^{n-1})}{L.n}$, & par conſéquent la fonction arbitraire demandée ſera ....

$$\varphi \left(\mathit{ſin} \frac{\pi L.L.(ax^{n-1})}{L.n} \;\&\; \mathit{coſ} \frac{\pi L.L.(ax^{n-1})}{L.n} \right):$$

Si l'on met en effet dans cette fonction, pour x, ſa valeur $x + \Delta x = ax^n$, elle deviendra ....
$\varphi \left(\mathit{ſin} \frac{\pi L.L.(a^n x^{n(n-1)})}{L.n} \;\&\; \mathit{coſ} \frac{\pi L.L.(a^n x^{n(n-1)})}{L.n} \right)$, &, réduction faite, $\varphi \left(\mathit{ſin} \left(\pi + \frac{\pi L.L.(ax^{n-1})}{L.n} \right) \;\&\; \mathit{coſ} \left(\pi + \frac{\pi L.L.(ax^{n-1})}{L.n} \right) \right)$; par conſéquent elle ne changera pas de valeur, & ſa différence finie ſera $= 0$.

Ces exemples ſuffiſent pour faire voir la généralité de la méthode, qui ne laiſſeroit plus rien à deſirer, ſi l'on ſavoit intégrer une équation quelconque aux différences finies, la différence finie de la variable principale étant conſtante. Avant de paſſer à la conſtruction de ces fonctions, je vais faire quelques applications de ce qui précède, en intégrant complétement quelques équations aux différences finies de divers ordres.

PROBLÊME V.

Intégrer complétement l'équation $\Delta y + Ay + B = 0$, *dans les cas où la différence finie de la variable principale ſeroit*, 1.° $=$ conſtante $= a$; 2.° $= a + bx$; 3.° $= ax^n - x$.

SOLUTION.

Soit fait $Ay + B = e^u$; ce qui donnera $\frac{e^{u+\Delta u} - e^u}{A} + e^u = 0$, &

par conséquent $\frac{\Delta u}{L.(1-A)}=1$; soit x la variable principale: cela posé, pour le premier cas, on a $\Delta x=a$, ou $\frac{\Delta x}{a}=1$, & par conséquent $\frac{\Delta u}{L.(1-A)}=\frac{\Delta x}{a}$, dont l'intégrale sera $u=\frac{x L.(1-A)}{a}$; &, mettant pour u sa valeur, $L.(Ay+B)=\frac{x}{a}L.(1-A)$, ou enfin $Ay+B=(1-A)^{\frac{x}{a}}$: or nous avons vu que, pour compléter cette intégrale, il falloit ajouter la fonction arbitraire $\varphi(\sin\frac{\pi x}{a}$ & $\cos\frac{\pi x}{a})$; donc l'intégrale complète, dans le premier cas, sera $Ay+B=(1-A)^{\frac{x}{a}}\times\varphi(\sin\frac{\pi x}{a}$ & $\cos\frac{\pi x}{a})$.

Pour le second cas, on fera $a+bx=e^{\omega}$, d'où l'on tirera $\Delta\omega=L.(b+1)$, ou $\frac{\Delta\omega}{L.(b+1)}=1$; ainsi, ayant d'ailleurs $\frac{\Delta u}{L.(1-A)}=1$, on aura $\frac{\Delta u}{L.(1-A)}=\frac{\Delta\omega}{L.(b+1)}$, dont l'intégrale sera $u=\omega\frac{L.(1-A)}{L.(b+1)}$, & mettant pour u & ω leurs valeurs $L.(Ay+B)=L.(a+bx)\frac{L.(1-A)}{L.(b+1)}$: or nous avons vu *(Prob. III)*, que la fonction arbitraire qu'il faut ajouter pour compléter l'intégrale, est . . . . $\varphi(\sin\frac{\pi L.(a+bx)}{L.(b+1)}$ & $\cos\frac{\pi L.(a+bx)}{L.(b+1)})$; donc on aura, pour intégrale complète, ...

$$L.(Ay+B)=L.(a+bx)\frac{L.(1-A)}{L.(b+1)}+L.\varphi\left(\sin\frac{\pi L.(a+bx)}{L.(b+1)}\ \&\ \cos\frac{\pi L.(a+bx)}{L.(b+1)}\right);$$

&, passant aux nombres, ...

$$Ay+B=(a+bx)^{\frac{L.(1-A)}{L.(b+1)}}\times\varphi\left(\sin\frac{\pi L.(a+bx)}{L.(b+1)}\ \&\ \cos\frac{\pi L.(a+bx)}{L.(b+1)}\right).$$

Pour le troisième cas; c'est-à-dire, lorsque l'on a $\Delta x=ax^n-x$, on fera $x=e^{\omega}$, d'où l'on tirera $\Delta\omega=(n-1)\omega+La$: faisant ensuite $(n-1)\omega+La=e^{\omega'}$, on aura $\Delta\omega'=L.n$, ou $\frac{\Delta\omega'}{L.n}=1$: or on a $\frac{\Delta u}{L.(1-A)}=1$; par conséquent on aura $\frac{\Delta u}{L.(1-A)}=\frac{\Delta\omega'}{L.n}$, dont l'intégrale est $u=\omega'\frac{L.(1-A)}{L.n}$; &, mettant pour u & ω' leurs valeurs, $L.(Ay+B)=L.L.ax^{n-1}\times\frac{L.(1-A)}{L.n}$; ajoutant enfin la fonction arbitraire du Problême IV, on aura, pour intégrale complète, ...

$$L.(Ay+B)=L.L.(ax^{n-1})\frac{L.(1-A)}{L.n}+L.\varphi\left(\sin\frac{\pi L.L.(ax^{n-1})}{L.n}\ \&\ \cos\frac{\pi L.L.(ax^{n-1})}{L.n}\right);$$

enfin, passant aux nombres, ...

$$Ay+B=\left(L.(ax^{n-1})\right)^{\frac{L.(1-A)}{L.n}}\times\varphi\left(\sin\frac{\pi L.L.(ax^{n}-1)}{L.n}\ \&\ \cos\frac{\pi L.L.(ax^{n}-1)}{L.n}\right).$$

PROBLÊME VI.

La différence finie de la variable principale étant .... $\Delta x = a + bx$, *intégrer complétement l'équation générale* $\Delta^{m}y + A\Delta^{m-1}y + B\Delta^{m-2}y + C\Delta^{m-3}y \ldots\ldots + Ky = 0$, *dans laquelle les coefficiens* A, B, C ..... K *sont constans.*

SOLUTION.

Soit fait (A) $\Delta^{m-1}y+f\Delta^{m-2}y+g\Delta^{m-3}y+h\Delta^{m-4}y\ldots\mp ly=V$, f, g, h ... l étant des coefficiens indéterminés, & soit prise la différence finie de cette équation, en supposant que l'on ait $\Delta x=a+bx$; ce qui donnera ....

(B) $\Delta^{m}y+f\Delta^{m-1}y+g\Delta^{m-2}y+h\Delta^{m-3}y\ \ldots.\ l\Delta y=\Delta V$:

Soit ensuite multiplié (A) par le coefficient indéterminé M; & soit ajouté le produit à (B), l'on aura ....

$$\Delta^{m}y+\left\{\begin{matrix}f\\ M\end{matrix}\right\}\Delta^{m-1}y+\left\{\begin{matrix}g\\ fM\end{matrix}\right\}\Delta^{m-2}y+\left\{\begin{matrix}h\\ gM\end{matrix}\right\}\Delta^{m-3}y\ldots+lMy=\Delta V+MV:$$

Cela fait, on déterminera les indéterminées f, g, h ... l & M, de manière que les coefficiens du premier membre de cette équation soient égaux aux coefficiens de la proposée; c'est-à-dire, de manière que l'on ait les équations suivantes,

$$f+M=A,\ g+fM=B,\ h+gM=C\ \ldots.\ lM=K,$$

D'où l'on tire, pour M, l'équation ....

$$M^{m}-AM^{m-1}+BM^{m-2}-CM^{m-3}\ \ldots\ldots\ \pm K=0,$$

Et l'on aura par conséquent, pour M, autant de valeurs μ, μ', μ'', μ''', &c. qu'il y a d'unités dans m: quant aux autres indéterminées, f, g, h ..... l, il est évident que leurs valeurs dépendent de celle de M; mais, pour mieux reconnoître leur formation, il est bon de remarquer qu'elles

doivent être telles que l'on ait . . . .

$$(M^{m-1} - fM^{m-2} + gM^{m-3} - hM^{m-4} \ldots \pm l) \times (M - \mu) = M^m - AM^{m-1} + BM^{m-2} - CM^{m-3} \ldots \pm K;$$

De manière que, ſuivant que l'on prendra, pour M, les valeurs μ, μ', μ'', &c. ou que le facteur que l'on aura employé, dans cette dernière équation, ſera $M-\mu$, ou $M-\mu'$, ou $M-\mu''$, &c. les valeurs des coefficiens f, g, $h \ldots l$ ſeront différentes. Pour être plus clair encore, obſervons qu'ayant $(M-\mu) \times (M-\mu') \times (M-\mu'') \times (M-\mu''') \ldots$ &c. $= 0$: Si l'on prend, pour M, la valeur que donne un de ces facteurs quelconque, les coefficiens f, g, $h \ldots l$ doivent être tels que le produit des autres facteurs ſoit . . . .

$$= M^{m-1} - fM^{m-2} + gM^{m-3} - hM^{m-4} \ldots \pm l.$$

Cela poſé, la propoſée ſe transformera donc en l'équation $\Delta V + MV = 0$, dans laquelle on pourra mettre ſucceſſivement, pour M, ſes valeurs μ, μ', μ'', &c. ſoit miſe la première valeur μ, & ſoit intégrée l'équation $\Delta V + \mu V = 0$, par le procédé du ſecond cas du Problème précédent, & l'on aura $\mu V = (a+bx)^{\frac{L.(1-\mu)}{L.(b+1)}} \times \varphi\left(\sin\frac{\pi L.(a+bx)}{L.(b+1)} \text{ \& } \cos\frac{\pi L.(a+bx)}{L.(b+1)}\right)$: Supprimant le coefficient μ du premier membre, parce qu'il eſt abſorbé par la fonction arbitraire, & repréſentant, pour abréger, par le caractère unique φ, toute la fonction elle-même, l'intégrale ſera $V = (a+bx)^{\frac{L.(1-\mu)}{L.(b+1)}} \times \varphi$: mettant enfin, pour V, ſa valeur, on aura, pour intégrale première & complète,

$$\Delta^{m-1}y + f\Delta^{m-2}y + g\Delta^{m-3}y + h\Delta^{m-4}y \ldots + ly = (a+bx)^{\frac{L.(1-\mu)}{L.(b+1)}} \times \varphi;$$

Mais, au lieu de prendre, pour M, la valeur μ, ſi l'on prend ſucceſſivement les autres valeurs μ', μ'', μ''', &c. on aura autant d'intégrales premières & complètes de la propoſée, qu'il

qu'il y a d'unités dans m, & les intégrales seront ....

$$\Delta^{m-1}y+f'\Delta^{m-2}y+g'\Delta^{m-3}y+h'\Delta^{m-4}y\ldots+l'y=(a+bx)^{\frac{L.(1-\mu')}{L.(b+1)}}\times\psi,$$

$$\Delta^{m-1}y+f''\Delta^{m-2}y+g''\Delta^{m-3}y+h''\Delta^{m-4}y\ldots+l''y=(a+bx)^{\frac{L.(1-\mu'')}{L.(b+1)}}\times F,$$

....

Dans lesquelles les caractères ψ, F, &c. indiquent des fonctions différentes, mais de la même quantité que φ; de plus, dans les intégrales, le nombre des différences finies de y, est $m-1$; donc, en éliminant, à la manière de M. *de Lagrange*, toutes ces différences, il restera une équation, qui contiendra la valeur de y, en fonctions de x, & cette valeur ....

$$y=(a+bx)^{\frac{L.(1-\mu)}{L.(b+1)}}\times\varphi+(a+bx)^{\frac{L.(1-\mu')}{L.(b+1)}}\times\psi\pm(a+bx)^{\frac{L.(1-\mu'')}{L.(b+1)}}\times F, \text{ \&c.}$$

Sera l'intégrale demandée.

REMARQUE PREMIÈRE.

Si le second membre de la proposée, au lieu d'être $=0$, étoit $=L$, constante quelconque, il eût été pareillement facile de l'intégrer totalement, par la même méthode, avec cette différence seulement, que dans la première transformée, qui auroit été $\Delta V+MV=L$, il eût fallu faire $MV-L=e^{u}$, pour avoir la seconde, comme dans le second cas du Problême V.

REMARQUE II.

La Solution du Problême précédent suppose que toutes les racines de l'équation ....
$M^{m}-AM^{m-1}+BM^{m-2}-CM^{m-3}\ldots\pm K=0$, sont inégales entr'elles; car, si quelques-unes de ces racines, ou des quantités μ, μ', μ'', μ''', &c. qui en sont les valeurs, étoient égales, quelques-uns des termes du second membre de l'intégrale, se confondroient; par conséquent le nombre des fonctions arbitraires φ, ψ, F, &c. seroit moindre que le degré

de la proposée, & l'intégrale ne seroit plus complète : pour remédier à cet inconvénient, je vais supposer que toutes les racines sont égales entr'elles, & exprimées par μ, & qu'après avoir intégré une fois, par la méthode précédente, l'on ait, pour intégrale première & complète, ...

$$\Delta^{m-1}y + f\Delta^{m-2}y + g\Delta^{m-3}y \ldots . + ly = (a+bx)^{\frac{L.(1-\mu)}{L.(b+1)}} \times \varphi;$$

Équation qu'il faut intégrer de nouveau, & dans laquelle les quantités f, g, $h \ldots l$, sont les coefficiens des différentes puissances de M, dans la quantité $(M-\mu)^{m-1}$.

Soit transformée cette équation, en faisant .... $\Delta^{m-2}y + f'\Delta^{m-3}y + g'\Delta^{m-4}y \ldots + l'y = V'$, & elle deviendra de cette forme, $\Delta V' + \mu V' = (a+bx)^{\frac{L.(1-\mu)}{L.(b+1)}} \times \varphi$; équation que l'on intégrera facilement, si l'on rend le second membre de même forme que le premier : pour cela, soit représenté par R, ce second membre, de manière que l'équation à intégrer soit $\Delta V' + \mu V' = R$ [La quantité R est telle, comme on peut le reconnoître par différenciation, que l'on a .... $\Delta R = -\mu R$] ; soit ensuite ajoutée & retranchée la quantité rR ; ce qui donnera $\Delta V' + \mu V' = (r+1)R - rR$; & soit déterminée r, de manière que le premier terme $(r+1)R$, soit la différence finie du second, $-rR$, divisé par μ, ou que l'on ait $(r+1)R = -\frac{\Delta(rR)}{\mu}$; on aura $\Delta r = \frac{\mu}{\mu-1}$, dont l'intégrale $r = \frac{\mu}{\mu-1} \cdot \frac{L.(a+bx)}{L.(b+1)}$ donne la valeur de r, qu'il faut substituer dans l'équation précédente, qui deviendra par-là ....

$$\Delta V' + \mu V' = \Delta\left(\frac{\mu R}{\mu-1} \cdot \frac{L.(a+bx)}{L.(b+1)}\right) + \frac{\mu R}{\mu-1} \cdot \frac{L.(a+bx)}{L.(b+1)},$$

Ou, parce que la quantité R contient une fonction arbitraire, qui absorbe tous les coefficiens constans, ...

$$\Delta V' + \mu V' = \Delta\left(RL.(a+bx)\right) + \mu RL.(a+bx),$$

Ou enfin, $\Delta\left(V' - RL.(a+bx)\right) + \mu\left(V' - RL.(a+bx)\right) = 0.$

Or cette équation est de même forme que celle du Problème V ; donc son intégrale complète sera ....

$V' - RL\cdot(a+bx) = (a+bx)^{\frac{L.(1+\mu)}{L.(b+1)}} \times \psi$, la fonction ψ étant composée de la même quantité que φ; remettant enfin, à la place de R, sa valeur, on aura, pour intégrale seconde & complète de la proposée, ...

$$V' = (a+bx)^{\frac{L.(1-\mu)}{L.(b+1)}} \times \psi + L\cdot(a+bx) \times (a+bx)^{\frac{L.(1-\mu)}{L.(b+1)}} \times \varphi:$$

En opérant sur cette équation, comme sur la première intégrale, on trouvera, pour intégrale troisième, ...

$$V'' = (a+bx)^{\frac{L.(1-\mu)}{L.(b+1)}} \times F + L.(a+bx) \times (a+bx)^{\frac{L.(1-\mu)}{L.(b+1)}} \times \psi + (L.(a+bx))^2 \times (a+bx)^{\frac{L.(1-\mu)}{L.(b+1)}} \times \varphi:$$

Donc l'intégrale totale & complète de l'équation générale

$$\Delta^m y + A\Delta^{m-1} y + B\Delta^{m-2} y + C\Delta^{m-3} y \ldots + Ky = 0,$$

Lorsque les coefficiens A, B, C . . . . K sont tels que les racines de l'équation . . . .

$M^m - AM^{m-1} + BM^{m-2} - CM^{m-3} \ldots \pm K = 0$ sont toutes égales, est . . . .

$$y = (a+bx)^{\frac{L.(1-\mu)}{L.(b+1)}} \times \left(\varphi + L.(a+bx)\,\psi + (L.(a+bx))^2 F + (L.(a+bx))^3 f, \text{ \&c.}\right),$$

Dans laquelle le nombre des fonctions arbitraires φ, ψ, F, f, &c. doit être égal au degré m de la différencielle.

Si, dans la même hypothèse, le second membre de la proposée, au lieu d'être $= 0$, étoit $=$ constante quelconque, on l'intégreroit de la même manière, en observant, de plus, ce qui a été dit dans la Remarque première.

Si toutes les racines n'étoient pas égales, mais qu'il n'y en eût qu'un certain nombre, on intégreroit, par le procédé du Problême, autant de fois qu'il y auroit de racines inégales, &, par celui de la Remarque II, autant de fois qu'il y auroit de racines égales.

Remarque III.

Quelque rapport qu'aient entr'eux les coefficiens A, B, C...K, il suit de cette Remarque, qu'il sera facile d'intégrer la proposée,

lorſque le ſecond membre, au lieu d'être $= 0$, ou $=$ conſtante quelconque, ſera ....

$$= (a+bx)^{\frac{L.(1-N)}{L.(b+1)}} \times f + (a+bx)^{\frac{L.(1-N')}{L.(b+1)}} \times f' + (a+bx)^{\frac{L.(1-N'')}{L.(b+1)}} \times f'', \text{ \&c.}$$

$$\text{ou} = (a+bx)^{\frac{L.(1-N)}{L.(b+1)}} \times \left(f + \left(L.(a+bx)\right)^{n} f' + \left(L.(a+bx)\right)^{n'} f'', \text{ \&c.}\right),$$

ou égal à la ſomme de ces deux quantités, dans leſquelles les fonctions f, f', f'', &c. peuvent être arbitraires ou déterminées : l'intégrale ſera d'abord la même que celle que l'on a trouvée dans le Problême précédent, ou dans la Remarque II ; mais il faudra ajouter, dans le premier cas, le terme .....

$$L.(a+bx).\left((a+bx)^{\frac{L.(1-N)}{L.(b+1)}} \times f + (a+bx)^{\frac{L.(1-N')}{L.(b+1)}} \times f' + (a+bx)^{\frac{L.(1-N'')}{L.(b+1)}} \times f'', \text{ \&c.}\right);$$

Dans le ſecond cas, ...

$$L.(a+bx).(a+bx)^{\frac{L.(1-N)}{L.(b+1)}}\left(f + \left(L.(a+bx)\right)^{n} f' + \left(L.(a+bx)\right)^{n'} f'', \text{ \&c.}\right);$$

Et, dans le troiſième cas, la ſomme de ces deux termes.

REMARQUE IV.

La Solution du Problême, & tout ce qui a été dit dans les Remarques, doit avoir lieu, quelques valeurs qu'aient les quantités a & b, dans l'expreſſion de la différence finie de la variable principale $\Delta x = a + bx$, excepté le cas où l'on a $b = 0$; c'eſt-à-dire, lorſque cette différence finie eſt conſtante ; car alors on a $L.(b+1) = 0$, & l'intégrale générale devient indéterminée, & ne donne plus rien ; mais, dans ce même cas, il eſt facile d'intégrer la propoſée par le même procédé, appliqué au cas particulier dont il eſt queſtion : après avoir en effet transformé la propoſée, comme dans la Solution du Problême, en $\Delta V + MV = 0$, où le coefficient M peut avoir toutes les valeurs μ, μ', μ'', &c. des racines de l'équation $M^m - AM^{m-1} + BM^{m-1} \ldots \pm K = 0$, on intégrera cette équation comme celle du premier cas du Problême V, & l'on aura, pour intégrale complète, ...

$$MV = (1-M)^{\frac{x}{a}} \times \varphi\left(\sin\frac{\pi x}{a} \;\&\; \cos\frac{\pi x}{a}\right),$$

Où, supprimant le coefficient M, qui est absorbé par la fonction arbitraire, & représentant, pour abréger, par le caractère unique φ, toute la fonction elle-même, on aura ....

$$V = (1 - M)^{\frac{x}{a}} \times \varphi:$$

Mettant enfin, pour V, sa valeur, on aura, pour intégrale première & complète, ...

$$\Delta^{m-1}y + f\Delta^{m-2}y + g\Delta^{m-3}y + h\Delta^{m-4}y \ldots + ly = (1 - M)^{\frac{x}{a}} \times \varphi;$$

Mais la quantité M pouvant avoir toutes les valeurs ..... μ, μ', μ'', &c. il s'ensuit que l'on peut avoir autant d'intégrales premières & complètes, qu'il y a d'unités dans m, & ces intégrales seront ....

$$\Delta^{m-1}y + f\Delta^{m-2}y + g\Delta^{m-3}y + h\Delta^{m-4}y \ldots + ly = (1 - \mu)^{\frac{x}{a}} \times \varphi,$$

$$\Delta^{m-1}y + f'\Delta^{m-2}y + g'\Delta^{m-3}y + h'\Delta^{m-4}y \ldots + l'y = (1 - \mu')^{\frac{x}{a}} \times \psi,$$

$$\Delta^{m-1}y + f''\Delta^{m-2}y + g''\Delta^{m-3}y + h''\Delta^{m-4}y \ldots + l''y = (1 - \mu'')^{\frac{x}{a}} \times F,$$

....

Dans lesquelles les caractères φ, ψ, F, indiquent des fonctions différentes de la même quantité ($\sin \frac{\pi x}{a}$ & $\cos \frac{\pi x}{a}$): donc, en éliminant les différences finies de y, il restera une équation, qui contiendra la valeur de y en x, & cette équation

$$y = (1 - \mu)^{\frac{x}{a}} \varphi + (1 - \mu')^{\frac{x}{a}} \psi + (1 - \mu'')^{\frac{x}{a}} F, \text{ \&c.}$$

Sera l'intégrale demandée.

Si les racines de l'équation .... $M^m - AM^{m-1} + BM^{m-2} - CM^{m-3} \ldots \pm K = 0$ sont égales entr'elles, & que l'on ait par conséquent $\mu = \mu' = \mu''$, &c. les termes de l'intégrale se confondent, & l'intégrale reste incomplète: dans ce cas-là, il faut d'abord intégrer une fois par le procédé précédent, ce qui donnera ....

$$\Delta^{m-1}y + f\Delta^{m-2}y + g\Delta^{m-3}y \ldots + ly = (1 - \mu)^{\frac{x}{a}} \times \varphi, \text{ \&}$$

transformer cette équation en $\Delta V' + \mu V' = (1-\mu)^{\frac{x}{a}} \varphi$; enſuite rendre le ſecond membre de même forme que le premier: pour cela, on le repréſentera par R, & l'on ajoutera & retranchera l'indéterminée rR; par-là l'équation deviendra .... $\Delta V' + \mu V' = (r+1)R - rR$, & l'on déterminera r de manière que l'on ait $(r+1)R = \frac{\Delta(-rR)}{\mu}$; d'où, parce que l'on a .... $\Delta R = -\mu R$, l'on tirera $\Delta r = \frac{\mu}{\mu-1}$, & par conſéquent $r = \frac{\mu x}{a(\mu-1)}$: je néglige ici l'arbitraire, parce qu'elle eſt inutile: ainſi, en mettant pour r cette valeur, on aura .... $\Delta V' + \mu V' = \Delta\left(\frac{-Rx}{a(\mu-1)}\right) - \frac{\mu Rx}{a(\mu-1)}$, ou, parce que la quantité R contient une fonction arbitraire, qui abſorbe les coefficiens conſtans, $\Delta V' + \mu V' = \Delta(-Rx) - \mu Rx$, & enfin ....

$$\Delta(V' + Rx) + \mu(V' + Rx) = 0,$$

dont l'intégrale complète eſt $V' + Rx = (1-\mu)^{\frac{x}{a}} \psi$; mettant, pour R, ſa valeur, l'intégrale ſeconde ſera .... $V' = (1-\mu)^{\frac{x}{a}} \psi + x(1-\mu)^{\frac{x}{a}} \varphi$, ou enfin .... $\Delta^{m-2} y + {}'f\Delta^{m-3} y + {}'g\Delta^{m-4} y$, &c. $= (1-\mu)^{\frac{x}{a}} \psi + x(1-\mu)^{\frac{x}{a}} \varphi$: On opérera ſur cette intégrale comme ſur la première, en la transformant d'abord en ....

$$\Delta V'' + \mu V'' = (1-\mu)^{\frac{x}{a}} \psi + x(1-\mu)^{\frac{x}{a}} \varphi,$$

Et l'on donnera enſuite, au ſecond membre, la même forme qu'au premier; ce qui ſe fera pour le premier terme, que je repréſente par R, comme pour l'intégrale ſeconde, & il deviendra $\Delta\left(\frac{-Rx}{a(\mu-1)}\right) - \frac{\mu Rx}{a(\mu-1)}$: quant au ſecond $x(1-\mu)^{\frac{x}{a}} \varphi$, que je repréſente par $R'x$, on le mettra ſous cette forme, $R'x(r+1) - R'rx$, r étant une indéterminée, qu'on déterminera de telle manière que l'on ait $R'x(r+1) = -\frac{\Delta(R'rx)}{\mu}$; ce qui, parce que l'on a $\Delta R' = -\mu R'$, donnera $x = \frac{\mu-1}{\mu} \times \Delta rx$: or, puiſque l'on a $\Delta x = a$, on aura $x = \Delta \cdot \frac{x^2 - ax}{2a}$, & par

conséquent $\Delta \cdot \frac{x^2 - ax}{2a} = \frac{\mu - 1}{\mu} \times \Delta r x$, dont l'intégrale donnera $r = \frac{x-a}{2a} \times \frac{\mu}{\mu - 1}$; d'où il suit que le second terme $R'x$, ou $x(1-\mu)^{\frac{x}{a}}\varphi$, pourra revêtir cette forme, ...

$$-\Delta\big((x-a)R'x\big) - \mu(x-a)R'x:$$

Donc l'intégrale seconde deviendra ....

$$\Delta V'' - \mu V'' = -\Delta\big(xR + (x-a)R'x\big) - \mu\big(xR + (x-a)R'x\big);$$

Ou enfin, parce que les quantités R & R' contiennent des fonctions arbitraires, & que l'on a $xR + axR' = xR$, ...

$$\Delta(V'' + x^2R' + xR) + \mu(V'' + x^2R' + xR) = 0,$$

Dont l'intégrale $V'' + x^2R' + xR = (1-\mu)^{\frac{x}{a}}F$, donne, en substituant à V'', R' & R, leurs valeurs ....

$$\Delta^{m-3}y + {}''f\Delta^{m-4}y + {}''g\Delta^{m-5}y, \text{ \&c.} = (1-\mu)^{\frac{x}{a}}F + x(1-\mu)^{\frac{x}{a}}\psi + x^2(1-\mu)^{\frac{x}{a}}\varphi:$$

Enfin, en continuant ainsi de suite, on trouvera, pour intégrale générale & complète ....

$$y = (1-\mu)^{\frac{x}{a}}\varphi + x(1-\mu)^{\frac{x}{a}}\psi + x^2(1-\mu)^{\frac{x}{a}}F + x^3(1-\mu)^{\frac{x}{a}}f, \text{ \&c.}$$

Il suit de tout ce qu'on vient de dire, que la différence finie de la variable principale étant constante, & exprimée par a, il sera facile d'intégrer la proposée générale, quand même le second terme seroit = constante, ou d'une des deux formes suivantes: ....

$$(1-\mu)^{\frac{x}{a}}f + (1-\mu')^{\frac{x}{a}}f' + (1-\mu'')^{\frac{x}{a}}f'', \text{ \&c.}$$

$$x^b(1-\mu)^{\frac{x}{a}}f + x^c(1-\mu)^{\frac{x}{a}}f' + x^d(1-\mu)^{\frac{x}{a}}f'', \text{ \&c.}$$

Les quantités μ, μ', μ'', &c. étant des constantes quelconques, & les caractères f, f', f'', &c. indiquant des fonctions quelconques des quantités $\sin\frac{\pi x}{a}$ & $\cos\frac{\pi x}{a}$.

Corollaire.

Il suit delà que dans une infinité de cas, il est possible d'intégrer complétement l'équation ....
$\alpha\varphi(t+a(h+kt))+\beta\varphi(t+b(h+kt))+\gamma\varphi(t+c(h+kt))$, &c. $=T$, Rapportée par M. *de Lagrange*, dans le troisième Vol. des *Mémoires de Turin*, & particulièrement dans les cas où les coefficiens a, b, c, &c. sont de la forme $\frac{(k+1)^m-1}{k}$, m étant un nombre entier positif quelconque pour chaque coefficient.

En effet l'on a généralement ....

$$\varphi(t+\Delta t)=\Delta\varphi t+\varphi t,$$

$$\varphi(t+2\Delta t+\Delta^2 t)=\Delta^2\varphi t+2\Delta\varphi t+\varphi t,$$

$$\varphi(t+3\Delta t+3\Delta^2 t+\Delta^3 t)=\Delta^3\varphi t+3\Delta^2\varphi t+3\Delta\varphi t+\varphi t;$$

Et, en général, ...

$$(A)\ \varphi\left(t+m\cdot\Delta t+\tfrac{m.(m-1)}{2}\Delta^2 t+\tfrac{m.(m-1).(m-2)}{2.3}\Delta^3 t, \&c.\right)= \ldots$$

$$\Delta^m\varphi t+m\Delta^{m-1}\varphi t+\tfrac{m.(m-1)}{2}\Delta^{m-2}\varphi t+\tfrac{m.(m-1).(m-2)}{2.3}\Delta^{m-3}\varphi t\ldots+\varphi t:$$

Or si, comme dans le cas présent, on a $\Delta t=h+kt$,

On aura aussi .... $\begin{cases}\Delta^2 t=k(h+kt);\\ \Delta^3 t=k^2(h+kt);\end{cases}$

Et, en général, ... $\Delta^m t=k^{m-1}(h+kt)$:

Ainsi, le premier membre de l'équation (A), deviendra ...

$$\varphi\left(t+(h+kt)\cdot\left(m+\tfrac{m.(m-1)}{2}k+\tfrac{m.(m-1).(m-2)}{2.3}k^2+\tfrac{m.(m-1).(m-2).(m-3)}{2.3.4}k^3, \&c.\right)\right),$$

Ou $\varphi\left(t+\left(\frac{(k+1)^m-1}{k}\right)\cdot(h+kt)\right)$: donc on aura ....

$$\varphi\left(t+\left(\frac{(k+1)^m-1}{k}\right)\cdot(h+kt)\right)= \ldots\ldots$$

$$\Delta^m\varphi t+m\Delta^{m-1}\varphi t+\tfrac{m.(m-1)}{2}\Delta^{m-2}\varphi t+\tfrac{m.(m-1).(m-2)}{2.3}\Delta^{m-3}\varphi t\ldots+\varphi t:$$

Ainsi, le terme général de la proposée $\alpha\varphi(t+a(h+kt))$, pourra toujours se transformer en celui-ci ....

$A\Delta^m\varphi t$

$A\Delta^m\varphi t + B\Delta^{m-1}\varphi t + C\Delta^{m-2}\varphi t + D\Delta^{m-3}\varphi t \ldots\ldots + G\varphi t$,
Lorſque le coefficient a ſera de la forme $\frac{(k+1)^m-1}{k}$.

Donc, lorſque tous les coefficiens a, b, c, &c. ſeront de la forme $\frac{(k+1)^m-1}{k}$, la propoſée pourra ſe rapporter à l'équation du Problême VI, & pourra par conſéquent s'intégrer complétement, comme elle; 1.° Dans le cas de $T = 0$; 2.° Dans les cas où T aura les formes indiquées dans les Remarques III & IV: ſur quoi il faut obſerver, 1.° Que lorſque la propoſée n'a que deux termes, il eſt toujours poſſible de la ramener à cette condition; car il eſt toujours poſſible de la transformer en celle-ci; ....;
$\alpha\varphi V + \beta\varphi(V + (h' + k'V)) + \gamma\varphi(V + a'(h' + k'V))$, &c. $= U$, qui, lorſqu'elle n'a que deux termes dans le premier membre, ou que l'on a γ, &c. $= 0$, devient $\beta\Delta\varphi V + (\alpha + \beta)\varphi V = U$, & rentre par conſéquent dans les équations que nous avons traitées précédemment.

2.° Que lorſque les coefficiens a, b, c, &c. ſont de la forme $\frac{(k+1)^m-1}{k}$, l'intégrale complète de la propoſée doit contenir des fonctions arbitraires, dont le nombre ne dépend point du nombre des termes de la propoſée, mais de la plus grande valeur qu'a l'expoſant m, dans les différens coefficiens a, b, c, &c. ainſi, il peut ſe faire que quand même la propoſée n'auroit que trois termes, ſon intégrale contînt un très-grand nombre de fonctions arbitraires.

PROBLÊME VII.

La différence finie de la variable principale étant ... $\Delta x = ax^n - x$, *intégrer complétement l'équation générale* $\Delta^m y + A\Delta^{m-1}y + B\Delta^{m-2}y + C\Delta^{m-3}y \ldots\ldots + Ky = 0$.

SOLUTION.

On transformera cette équation, comme celle du Problême précédent, en $\Delta V + MV = 0$, M étant la valeur d'une des racines de l'équation ....
$M^m - AM^{m-1} + BM^{m-2} - CM^{m-3} \ldots\ldots \pm K = 0$; &, en procédant comme dans le troisième cas du Problême V, on trouvera, pour intégrale première & complète, ...

$$MV = \left(L\cdot(ax^{n-1})\right)^{\frac{L.(1-M)}{L.n}} \times \varphi\left(\sin \frac{\pi L.L.(ax^{n-1})}{L.n} \;\&\; \cos \frac{\pi L.L.(ax^{n-1})}{L.n}\right).$$

Supprimant le coefficient M, qui est déjà renfermé dans la fonction arbitraire; remettant, pour V, sa valeur, & répréfentant, pour abréger, toute la fonction arbitraire, par le caractère φ, cette intégrale deviendra ....

$$\Delta^{m-1}y + f\Delta^{m-2}y + g\Delta^{m-3}y + h\Delta^{m-4}y \ldots = \left(L\cdot(ax^{n-1})\right)^{\frac{L.(1-M)}{L.n}} \times \varphi;$$

Or la quantité M peut avoir un nombre m de valeurs, représentées par μ, μ', μ'', &c. donc on aura un pareil nombre d'intégrales premières & completes, qui seront différentes; ces intégrales seront ....

$$\Delta^{m-1}y + f\Delta^{m-2}y + g\Delta^{m-3}y + h\Delta^{m-4}y \ldots\ldots = \left(L\cdot(ax^{n-1})\right)^{\frac{L.(1-\mu)}{L.n}} \times \varphi,$$

$$\Delta^{m-1}y + f'\Delta^{m-2}y + g'\Delta^{m-3}y + h'\Delta^{m-4}y \ldots\ldots = \left(L\cdot(ax^{n-1})\right)^{\frac{L.(1-\mu')}{L.n}} \times \psi,$$

$$\Delta^{m-1}y + f''\Delta^{m-2}y + g''\Delta^{m-3}y + h''\Delta^{m-4}y \ldots\ldots = \left(L\cdot(ax^{n-1})\right)^{\frac{L.(1-\mu'')}{L.n}} \times F,$$

....

D'où l'on conclura, comme dans le Problême précédent, que l'intégrale générale & complète de la proposée, est ...

$$y = \left(L\cdot(ax^{n-1})\right)^{\frac{L.(1-\mu)}{L.n}} \varphi + \left(L\cdot(ax^{n-1})\right)^{\frac{L.(1-\mu')}{L.n}} \psi + \left(L\cdot(ax^{n-1})\right)^{\frac{L.(1-\mu'')}{L.n}} F, \&c.$$

REMARQUE PREMIÈRE.

Si le second membre de la proposée, au lieu d'être $= 0$, étoit $= L$, constante quelconque, on l'intégreroit totalement

par le même procédé; car on auroit, pour première transformée, $\Delta V + MV = L$, qui eſt également renfermée dans le troiſième cas du Problême V.

Remarque II.

Si toutes les racines de l'équation . . . . $M^m - AM^{m-1} + BM^{m-2} - CM^{m-3} \ldots \pm K = 0$, ſont égales entr'elles; c'eſt-à-dire, que l'on ait $\mu = \mu' = \mu''$, &c. la méthode précédente eſt inſuffiſante, & ne donne plus l'intégrale complète: pour y remédier, on intégrera d'abord une première fois, & l'on aura, comme nous avons vu, ...

$$\Delta^{m-1} y + f\Delta^{m-2} y + g\Delta^{m-3} y \ldots = \left(L\cdot(ax^{n-1})\right)^{\frac{L.(1-\mu)}{L.n}} \varphi:$$

On transformera de nouveau cette équation, en faiſant . . . .

$$\Delta^{m-2} y + f'\Delta^{m-3} y + g'\Delta^{m-4} y \ldots \text{\&c.} = V';$$

Ce qui donnera $\Delta V' + \mu V' = \left(L\cdot(ax^{n-1})\right)^{\frac{L.(1-\mu)}{L.n}} \varphi$, & l'on intégrera de nouveau cette équation; ce qui ſera facile, ſi l'on donne au ſecond membre une forme ſemblable à celle du premier.

Pour cela, pour abréger, ſoit repréſenté le ſecond membre par R, on aura $\Delta R = -\mu R$, comme on peut le reconnoître par la différenciation, & l'équation deviendra, $\Delta V' + \mu V' = R$: ſoit enſuite ajoutée & retranchée la quantité rR, ce qui donnera $\Delta V' + \mu V' = (r+1)R - rR$, & ſoit déterminée r, de manière que l'on ait $(r+1)R = \frac{\Delta(-rR)}{\mu}$, on aura $\Delta r = \frac{\mu}{\mu-1}$; &, en intégrant $r = \frac{\mu}{\mu-1} \cdot \frac{L.L.(ax^{n-1})}{L.n}$; donc l'équation deviendra $\Delta V' + \mu V' = \Delta\left(\frac{-RL.L.(ax^{n-1})}{L.n}\right) - \frac{\mu RL.L.(ax^{n-1})}{L.n}$; Ou, tranſpoſant, ...

$$\Delta\left(V' + \frac{RL.L.(ax^{n-1})}{L.n}\right) + \mu\left(V' + \frac{RL.L.(ax^{n-1})}{L.n}\right) = 0:$$

Or, par le troiſième cas du Problême V, l'intégrale de cette

équation eſt . . . .

$$V' + \frac{R\,L.L.(ax^{n-1})}{L.n} = \left(L\cdot(ax^{n-1})\right)^{\frac{L.(1-\mu)}{L.n}} \psi :$$

Donc, en mettant, pour V' & R, leurs valeurs, l'intégrale ſeconde & complète de la propoſée, ſera . . . .

$$\Delta^{m-2}y + f'\Delta^{m-3}y + g'\Delta^{m-4}y \ldots = \left(L.(ax^{n-1})\right)^{\frac{L.(1-\mu)}{L.n}} \psi + \left(L.L.(ax^{n-1})\right).\left(L.(ax^{n-1})\right)^{\frac{L.(1-\mu)}{L.n}} \varphi.$$

Pour intégrer une troiſième fois cette équation, on tranſformera le premier membre en $\Delta V'' + \mu V''$, en faiſant . . .

$$\Delta^{m-3}y + f''\Delta^{m-4}y + g''\Delta^{m-5}y \ldots = V'',$$

Et l'on fera, pour abréger, ...

$$\left(L\cdot(ax^{n-1})\right)^{\frac{L.(1-\mu)}{L.n}} \psi = R,$$

$$\left(L\cdot(ax^{n-1})\right)^{\frac{L.(1-\mu)}{L.n}} \varphi = R',$$

$$L\cdot L\cdot(ax^{n-1}) \ldots\ldots = \omega;$$

Ce qui donnera $\Delta R = -\mu R$, $\Delta R' = -\mu R'$ & $\Delta \omega = L\cdot n$, comme on peut s'en aſſurer en différenciant; & l'équation précédente deviendra $\Delta V'' + \mu V'' = R + \omega R'$; équation qu'on intégrera facilement, ſi l'on peut rendre le ſecond membre de même forme que le premier.

Or le premier terme R ne préſente aucune difficulté, puiſque nous venons de voir qu'on peut le transformer en . . . . $-\Delta\left(R\,L\cdot L\cdot(ax^{n-1})\right) - \mu\left(R\,L\cdot L\cdot(ax^{n-1})\right)$. [Je néglige le diviſeur $L\cdot n$, à cauſe de la fonction arbitraire compriſe dans R]. Quant au ſecond terme $\omega R'$, ſoit ajouté & retranché $\omega R'r$, il deviendra $\omega R'(r+1) - \omega R'r$; & ſoit déterminé r, de manière que l'on ait $\omega R'(r+1) = \frac{\Delta(-\omega R'r}{\mu}$; ce qui donnera $\frac{\mu\,\omega}{\mu-\omega} = \Delta\cdot r\omega$, d'où l'on tirera facilement la valeur de r, par l'intégration.

Pour cela, il faut encore rendre le premier membre de même forme que le ſecond; or on a $\Delta(\omega^2) = 2\omega\Delta\omega + (\Delta\omega)^2$, d'où l'on tire $\omega = \frac{\Delta(\omega^2) - (\Delta\omega)^2}{2\Delta\omega} = \frac{\Delta(\omega^2) - L.n\,.\,\Delta\omega}{2L\,n} = \Delta\left(\frac{\omega^2 - \omega L.n}{2L.n}\right)$; ainſi,

cette dernière équation devient $\frac{\mu}{\mu-1}\,\Delta\left(\frac{\omega^2-\omega L.n}{2L.n}\right)=\Delta r\omega$, dont l'intégrale donne $r=\frac{\mu}{\mu-1}\left(\frac{\omega-L.n}{2L.n}\right)$: donc le second terme $\omega R'$ peut être mis sous cette forme, ...
$\Delta\left(\frac{-\omega R'}{\mu-1}\left(\frac{\omega-L.n}{2L.n}\right)\right)-\frac{\mu\omega R'}{\mu-1}\left(\frac{\omega-L.n}{2ln}\right)$, ou, à cause que R' contient une fonction arbitraire, $\Delta(-\omega R'(\omega-L\cdot n))-\mu\omega R'(\omega-L\cdot n)$: donc l'équation $\Delta V''+\mu V''=R+\omega R'$ deviendra ....

$$\Delta V''+\mu V''=-\Delta(R\omega)-\mu R\omega-\Delta(\omega R'(\omega-L.n))-\mu\omega R'(\omega-L.n),$$

Ou enfin, parce qu'à cause des fonctions arbitraires, comprises dans R & R', l'on est en droit de faire $\omega R=\pm\omega R'\cdot L.n$,

$$\Delta V''+\mu V''=-\Delta(\omega^2R'+\omega R)-\mu(\omega^2R'+\omega R):$$

Donc, en transposant, l'on aura ....

$$\Delta(V''+\omega^2R'+\omega R)+\mu(V''+\omega^2R'+\omega R)=0,$$

dont l'intégrale, prise par le procédé du troisième cas du Problême V, sera ....

$$V''+\omega^2R'+\omega R=(L.(ax^{n-1}))^{\frac{L.(1-\mu)}{L.n}}F:$$

Donc, en remettant, pour V'', R, R' & ω, leurs valeurs, on aura, pour intégrale troisième de la proposée, en supposant que les racines μ, μ', μ'', &c. sont égales entr'elles, ..

$$\Delta^{m-3}y+f''\Delta^{m-4}y+g''\Delta^{m-5}\ldots\ldots=$$
$$(L.(ax^{n-1}))^{\frac{L.(1-\mu)}{L.n}}F+(L.L.(ax^{n}-1)).(L.(ax^{n-1}))^{\frac{L.(1-\mu)}{L.n}}\psi+(L.L.(ax^{n-1}))^2.(L.(ax^{n-1}))^{\frac{L.(1-\mu)}{L.n}}\varphi:$$

En continuant ainsi de suite, on trouvera, pour intégrale générale & complète de la proposée, ...

$$y=(L.(ax^{n-1}))^{\frac{L.(1-\mu)}{L.n}}\left(\varphi+(L.L.(ax^{n-1}))\psi+(L.L.(ax^{n-1}))^2F+(L.L.(ax^{n-1}))^3f,\ \&c.\right).$$

Remarque III.

Il suit de cette Remarque, que, dans la même hypothèse de $\Delta x=ax^n-x$, & quelque rapport qu'aient entr'eux les coefficiens A, B, C, &c. de la proposée, il sera facile de l'intégrer totalement, non-seulement lorsque le second membre sera $=0$, ou $=$ constante quelconque, mais encore lorsqu'il sera

$$\left(\text{L.}(ax^n-1)\right)^{\frac{\text{L.}(1-\text{N})}{\text{L.}n}}f+\left(\text{L.}(ax^n-1)\right)^{\frac{\text{L.}(1-\text{N}')}{\text{L.}n}}f'+\left(\text{L.}(ax^n-1)\right)^{\frac{\text{L.}(1-\text{N}'')}{\text{L.}n}}f'',\ \&c.$$

ou $\left(\text{L.}(ax^n-1)\right)^{\frac{\text{L.}(1-\text{N})}{\text{L.}n}}\left(f+\left(\text{L.L.}(ax^n-1)\right)^p f'+\left(\text{L.L.}(ax^n-1)\right)^{p'}f'',\ \&c.\right)$,

Ou égal à la ſomme de ces deux quantités, dans leſquelles les quantités N, N′, N″ .... p, p', &c. ſont des conſtantes quelconques, & les caractères f, f', f'', &c. des fonctions quelconques données, ou non, des quantités ....

$$\mathit{ſin}\,\frac{\pi\text{L.L.}(ax^n-1)}{\text{L.}n}\ \&\ \mathit{coſ}\,\frac{\pi\text{L.L.}(ax^n-1)}{\text{L.}n}:$$

L'intégrale ſera d'abord la même que celle qu'on a trouvée dans le Problème précédent, ou dans la Remarque II; mais il faudra ajouter, dans le premier cas, le terme ....

$$\left(\text{L.L.}(ax^n-1)\right).\left(\left(\text{L.}(ax^n-1)\right)^{\frac{\text{L.}(1-\text{N})}{\text{L.}n}}f+\left(\text{L.}(ax^n-1)\right)^{\frac{\text{L.}(1-\text{N}')}{\text{L.}n}}f',\ \&c.\right);$$

Dans le ſecond cas, ...

$$\left(\text{L.L.}(ax^n-1)\right).\left(\text{L.}(ax^n-1)\right)^{\frac{\text{L.}(1-\text{N})}{\text{L.}n}}\left(f+\left(\text{L.L.}(ax^n-1)\right)^p f'+\left(\text{L.L.}(ax^n-1)\right)^{p'}f'',\ \&c.\right);$$

Et, dans le troiſième cas, la ſomme de ces deux termes.

Ces exemples ſuffiſent pour faire voir comment les fonctions arbitraires continues ou diſcontinues entrent dans les intégrales des équations aux différences finies, & la manière de les trouver, lorſque la nature du calcul ne s'y refuſe pas. Il me reſte actuellement à parler de leurs lieux géométriques, & de la manière de les déterminer, pour qu'elles ſatisfaſſent aux conditions particulières de la queſtion.

Théorème premier.

La différence finie de la variable principale étant $\Delta x = a$, *le lieu géométrique de l'équation* $\Delta y = 0$, *ou de ſon intégrale*, *Fig. 1, 11, 12 & 13.* $y=\varphi\left(\text{ſin}\,\frac{\pi x}{a}\ \&\ \text{coſ}\,\frac{\pi x}{a}\right)$, *eſt une courbe quelconque* [comme dans les Figures 11, 12 & 13] *de la nature des cicloïdes, & engendrée comme elles par la révolution d'une courbe quel-*

conque continue ou discontinue, rentrante ou non rentrante en elle-même, mais dont le contour est $=$ a.

La démonstration de ce Théorême, suit immédiatement de ce que nous avons dit, au commencement de ce Mémoire, sur les Figures 2, 3 & 4.

PROBLÊME VIII.

Étant donné $\Delta x = a$, *construire l'équation* $\Delta y = b$, *ou son intégrale complète* $y = \frac{bx}{a} + \varphi\,(\sin \frac{\pi x}{a} \;\&\; \cos \frac{\pi x}{a})$.

SOLUTION.

Soit AB la ligne des x, A leur origine, & CDEF, &c. une courbe donnée ou prise à volonté, dont l'équation soit $y = \varphi\,(\sin \frac{\pi x}{a} \;\&\; \cos \frac{\pi x}{a})$; enfin soit construite la droite AM, dont l'équation est $y = \frac{bx}{a}$ · cela posé, si l'on mène à la ligne droite, une ordonnée quelconque PM, & qu'on prolonge cette ligne d'une quantité Md, égale à l'ordonnée PD, de la courbe CDEF, le point d sera dans la courbe demandée, & la courbe $cdef$, qui passe par tous les points semblablement trouvés, sera le lieu de la proposée: en effet, si l'on prend PQ $= a$, on aura, par la nature de la courbe CDEF, PD $=$ QF, & par conséquent M$d =$ Nf: donc, si l'on mène les deux droites dI & MH parallèles à AB, on aura fI $=$ NH: or on a fI $= \Delta y$ & NH $= b$: donc on aura $\Delta y = b$. *Fig. 14.*

Cette Solution suppose que la forme de la fonction φ est donnée, & même qu'elle est construite; mais ce n'est pas ce que comporte, pour l'ordinaire, le genre de calcul dont il est ici question, où il s'agit presque toujours de déterminer au contraire la forme de la fonction φ, pour que le lieu de l'équation $y = \frac{bx}{a} + \varphi$, satisfasse à certaines conditions: voyons d'abord qu'elle est la nature des conditions auxquelles peuvent satisfaire des équations de ce genre.

Ce ne peut pas être que la courbe demandée paſſe par certains points donnés; car, quelque grand que fût le nombre de ces points, la queſtion ſeroit toujours indéterminée : en effet, ſoient donnés tant de points qu'on voudra d, e, g, &c. & ſoit propoſé de conſtruire la fonction φ, de telle manière que le lieu de l'équation $y = \frac{bx}{a} + \varphi$, paſſe par tous ces points: ſi l'on conſtruit la droite AM, dont l'équation eſt $y = \frac{bx}{a}$; que de tous les points d, e, g, &c. on abaiſſe des perpendiculaires dP, eV, gR, &c. ſur la ligne des abciſſes; que l'on faſſe PD = Md, VE = Se, RG = Tg, &c. ce qui donne les points D, E, G; qu'après avoir diviſé la ligne des abciſſes en parties AP, PQ, QQ', &c. chacune égale à a, &, à partir du point A, l'on rapporte tous les points D, E, G, &c. ſur une même diviſion, ſur PQ, par exemple, ce qui ſe fera pour le point G, en portant QR de P en r, & faiſant $rg' =$ RG, on aura, pour une même diviſion PQ, autant de points D, g', E, &c. qu'il y a de points donnés, & par leſquels on pourra faire paſſer une certaine courbe Dg'EF : cela poſé, ſi pour toutes les autres diviſions AP, QQ', &c. l'on répète la même courbe Dg'EF, 1.° L'aſſemblage, ou le ſyſtème de toutes les courbes, paſſera par les points D, E, G, &c. comme il eſt évident: 2.° Le ſymbole de l'équation de ce ſyſtème, qui peut être continu ou diſcontinu, ſera $y = \varphi\left(\sin\frac{\pi x}{a} \ \& \ \cos\frac{\pi x}{a}\right)$, puiſque l'on a $\Delta y = 0$: donc, en conſtruiſant le Problème précédent d'après ce ſyſtème, la courbe que l'on trouvera, 1.° paſſera par les points donnés d, e, g, &c. 2.° ſera compriſe dans l'équation $y = \frac{bx}{a} + \varphi$: or, quel que ſoit le nombre des points D, g', E, &c. par leſquels on propoſe de faire paſſer une courbe Dg'EF, cette courbe eſt toujours indéterminée, parce qu'il y a une infinité de courbes, qui peuvent remplir cette condition: donc auſſi il y a une infinité de courbes c, d, e, f, qui peuvent paſſer par les points donnés d, e, g, &c. & être en même temps compriſes ſous cette équation $y = \frac{bx}{a} + \varphi$: *donc la nature des conditions auxquelles doivent ſatisfaire les intégrales des équations aux différences finies,*

finies, pour que leurs fonctions arbitraires se particularisent, n'est pas que les courbes, qui en sont les lieux, passent par des points donnés.

Mais, si la partie *def*, de la courbe, qui répond à une partie quelconque $= a$, de la ligne des abcisses, est déjà construite, il sera facile de construire la partie Dg'EF, correspondante de la courbe formatrice, & de répéter cette partie pour toutes les autres divisions de la ligne des abcisses; par conséquent le reste de la courbe sera déterminé: donc, *lorsque l'on a* $\Delta x = a$, *la nature de la condition, à laquelle doit satisfaire l'intégrale d'une équation aux différences finies, est de continuer une courbe, continue ou discontinue, déjà tracée, & qui ne réponde pas à une partie de la ligne des abcisses plus grande que* a.

Ainsi, en considérant l'équation $y = \frac{bx}{a} + \varphi\left(\sin\frac{\pi x}{a} \;\&\; \cos\frac{\pi x}{a}\right)$; comme l'intégrale d'une équation aux différences finies, dans laquelle la fonction φ est jusqu'alors arbitraire, continue ou discontinue, voici comment il falloit énoncer le Problême précédent: *Étant déjà construite une partie de courbe quelconque, continue ou discontinue, correspondante à une partie* $= a$ *de la ligne des abcisses, continuer cette courbe, de manière que le symbole de son équation soit* . . . .

$$y = \frac{bx}{a} + \varphi\left(\sin\frac{\pi x}{a} \;\&\; \cos\frac{\pi x}{a}\right);$$

Ce qui ne peut se faire, sans que la fonction φ ne se particularise, & cesse d'être arbitraire.

D'après tout ce qu'on vient de dire, la Solution du Problême, ainsi énoncé, ne peut être sujette à aucune difficulté.

Problême IX.

La différence finie de la variable principale étant $\Delta x = a$, *construire le lieu de l'équation* $\Delta(y^2) = a\Delta x$, *ou de son intégrale* $y^2 = ax \pm \varphi\left(\sin\frac{\pi x}{a} \;\&\; \cos\frac{\pi x}{a}\right)$.

Solution.

On peut ſuppoſer que la fonction φ ſoit donnée de forme, de manière qu'on puiſſe conſtruire l'équation $y = \varphi$, ou qu'au contraire il faille déterminer la fonction φ, pour que l'équation $y^2 = ax \pm \varphi$, appartienne à une courbe déjà commencée, & que l'on ſe propoſe de continuer.

Fig. 8. Dans le premier cas, ſoit AEF, GHI, KNL, RS, &c. le le lieu de l'équation $y = \frac{\varphi}{a}$, nous avons déjà vu que la courbe, à laquelle elle appartient, doit être compoſée de parties égales & ſemblables, correſpondantes à des parties de la ligne des abciſſes, égales à la différence finie a : ſoit conſtruite la parabole ABC, dont l'équation eſt $y^2 = ax$; cela poſé, ſi pour une abciſſe quelconque AQ, on veut trouver l'ordonnée QM, de la courbe demandée, on menera cette ordonnée indéfiniment, que coupera quelque part, en N, le lieu de l'équation $y = \frac{\varphi}{a}$; par le point N, on menera une droite Nn, qui fera, avec la ligne des abciſſes, un angle de 45°, en obſervant de la mener du côté de l'origine, pour le ſigne —, & du côté oppoſé, pour le ſigne +: par le point n, on menera l'ordonnée mn de la parabole; enfin on fera QM $= mn$, & le point M ſera dans la courbe demandée.

En effet, on a, par la propriété de la parabole, $(QM)^2$, ou $(mn)^2 = a \times (An) = a(AQ \pm Qn)$: or on a $Qn = QN$, on aura donc $(QM)^2$, ou $y^2 = a\left(x \pm \frac{\varphi}{a}\right) = ax \pm \varphi$.

Il eſt évident que, ſuivant que la fonction φ ſera continue ou diſcontinue, ou que le ſyſtème des courbes ſemblables AEF, GHI, &c. ſera ſoumis ou non à la loi de continuité, la courbe demandée Aef, Bgi, CMl, D$ſ$, &c. ſera de même continue ou diſcontinue; mais elle n'en ſatisfera pas moins à la condition dont nous avons parlé au commencement du Mémoire, & qui eſt qu'ayant mené l'ordonnée quelconque Pg,

& porté de P en Q la quantité a, l'on ait $QM = Qg$; car, par la construction, si l'on porte de n en p la même quantité a, l'on aura $ph = Pg$, & par conséquent $Qg = hn$: or, par la propriété de la parabole, on a $nm = nh$; donc on aura aussi $QM = Qg$.

Dans le second cas, si la partie CMl de la courbe, est déjà construite, & qu'il faille la continuer, de manière que son équation soit $y^2 = ax \pm \varphi$, par un point M quelconque, on abaissera l'ordonnée MQ, & l'on menera Mm parallélement à la ligne des abcisses, jusqu'à ce qu'elle coupe la parabole en un point m, par lequel on abaissera l'ordonnée mn; on menera nN, qui fasse un angle de 45° avec la ligne des x; cette droite coupera MQ en un point N, qui appartiendra à la courbe KNL: on trouvera tant de points qu'on voudra de cette courbe, par le même procédé; &, en la répétant pour toutes les parties AG, GR, &c. de la ligne des abcisses, on aura le lieu de l'équation $y = \pm \frac{\varphi}{a}$, qui satisfera à la question; &, en achevant la construction, comme dans le premier cas, on aura la courbe demandée.

PROBLÊME X.

La différence finie de la variable principale étant $\Delta x = 2a - 2x$, *construire le lieu de l'équation* $\Delta y = 0$, *ou de l'équation*

$$y = \varphi\left(\sin \tfrac{\pi}{\text{Log.}\sqrt{-1}} L\cdot(2a-2x) \ \& \ \cos \tfrac{\pi}{\text{Log.}\sqrt{-1}} L\cdot(2a-2x)\right),$$

qui est son intégrale, comme on l'a démontré dans le Problême V.

SOLUTION.

Soit Ad la ligne des abcisses & A l'origine; soit portée de A en B une partie $= a$; & soit menée CB perpendiculaire à AB: cela posé, si l'on construit de part & d'autre deux courbes quelconques, CMD & Cmd, continues ou discontinues, mais FIG. 9.

ſymmétriques, le ſyſtême de ces deux courbes ſatisfera à la queſtion.

En effet, ſoit priſe l'abciſſe quelconque $AP = x$, & menée l'ordonnée correſpondante $PM = y$, on aura $PB = a - x$; donc, ſi l'on augmente l'abciſſe de $\Delta x = 2a - 2x$, ou qu'on porte de P en p la quantité $2a - 2x$, on aura $Bp = PB$, & par conſéquent $pm = PM$: donc on aura $y + \Delta y = y$, ou $\Delta y = 0$.

PROBLÊME XI.

Dans la même hypothèſe de la différence finie de la variable principale, conſtruire le lieu de l'équation .... $\Delta y + 2y - 2B = 0$, *ou de ſon intégrale* .... $y = B + (a-x)\varphi\left(\text{ſin}\,\frac{\pi}{\text{Log.}-1}\,L\cdot(2a-2x)\ \&\ \text{coſ}\,\frac{\pi}{\text{Log.}-1}\,L\cdot(2a-2x)\right)$.

SOLUTION.

FIG. 10. Soit EFG la ligne des x, & E l'origine; ſoit fait $EF = a$, & ſoit menée la perpendiculaire $FB = B$: cela poſé, ſi par le point B, on mène AC parallélement aux x, & que de part & d'autre des droites FB & AC, on conſtruiſe deux branches de courbes continues ou diſcontinues, mais ſymmétriques, de manière que l'une DMB étant d'un côté de la droite AC, l'autre Bmd ſoit de l'autre côté, le ſyſtême des deux courbes ſera le lieu demandé.

En effet, ſoit $EP = x$ & $PM = y$, on aura $PF = a - x$; &, ſi l'on augmente l'abciſſe x, de la quantité Δx, en faiſant $Pp = 2a - 2x$, on aura $Ep = PF$; ſoit menée l'ordonnée pm, prolongée juſqu'à la rencontre de la droite MN, parallèle aux x: cela poſé, on aura $Nm = -\Delta y = 2QM = 2(y - B)$, & par conſéquent $\Delta y + 2y - 2B = 0$.

On pourroit demander actuellement de déterminer les formes analytiques des fonctions φ, qui ſatisfont aux problêmes

précédens; mais le plus ſouvent la queſtion n'auroit point de ſolution; car les formes de ces fonctions ſeront diſcontinues, & n'auront par conſéquent point d'expreſſion analytique, non-ſeulement lorſque les différentes branches des courbes, qui en ſont les lieux, ſeront diſcontinues, chacune en particulier, mais encore lorſque leur ſyſtême ne ſera pas continu : ainſi, dans la Figure x, il faut, non-ſeulement que chacune des courbes DMB, B*md*, ſoit continue, un arc de cercle, par exemple, mais encore que leur ſyſtême DMC*md*, ſoit auſſi continu; c'eſt-à-dire, ſi ce ſont des arcs de cercles, de mêmes rayons, & ſymmétriques, que ces arcs aient même centre, & par conſéquent que la courbe entière ſoit un cercle, pour que la fonction, qui entre dans ſon équation .... $y = \varphi \left(\mathit{ſin} \ \& \ \mathit{coſ} \frac{\pi}{\text{Log.} \overline{-1}} \text{L} \cdot (2a - 2x) \right)$, puiſſe obtenir une valeur analytique.

On peut conclure de ce Mémoire, que de même que les équations aux différences partielles appartiennent à toutes les ſurfaces courbes, qui s'engendrent de la même manière, les équations aux différences finies appartiennent à toutes les courbes planes, continues ou diſcontinues, qui ont même formation.





MÉMOIRE

SUR

LES PROPRIÉTÉS DE PLUSIEURS GENRES DE SURFACES COURBES, particulièrement sur celles des Surfaces développables, avec une Application à la Théorie des Ombres & des Pénombres.

Par M. MONGE;

Correspondant, Professeur-Royal de Mathématiques, & de Physique Expérimentale, aux Écoles du Génie.

Présenté le 11 Janvier 1775.

DANS un Mémoire que j'eus l'honneur, en 1771, de présenter à l'Académie, je fis voir qu'il n'y avoit aucune courbe, plane ou à double courbure, qui n'eût une infinité de développées : que toutes ces développées étoient à double courbure, à l'exception d'une seule pour chaque courbe plane : que l'assemblage, ou plutôt le lieu géométrique de toutes les développées d'une même courbe, formoit une surface courbe douée de la propriété de pouvoir être étendue sur un plan, de maniere à le toucher dans tous ces points ; par exemple, le lieu des développées d'une courbe sphérique quelconque, est toujours la surface d'un cône, dont le sommet est au centre de la sphère, & dont la base dépend de la nature de la courbe. Je démontrai qu'en supposant construit le lieu des développées d'une courbe, on obtenoit une de ses développées quelconques, en menant par un point de la courbe, & dans une direction arbitraire, une droite tangente à la surface, & la pliant ensuite librement sur cette surface ; que par conséquent chaque développée étoit entre ses extrémités la ligne la plus courte que l'on pût mener sur le lieu des développées. Je donnai des formules pour trouver l'équation du lieu des développées d'une

courbe quelconque, & celle d'une de ſes développées quelconque; enfin j'expoſai pluſieurs propriétés très-remarquables dont jouiſſent les ſurfaces développables.

Ayant repris cette matière, à l'occaſion d'un Mémoire que M. Euler a donné dans le Volume de 1771, de l'Académie de Péterſbourg, ſur les ſurfaces développables, & dans lequel cet illuſtre Géomètre donne des formules pour reconnoître ſi une ſurface courbe propoſée, jouit ou non de la propriété de pouvoir être appliquée ſur un plan, je ſuis parvenu à des réſultats qui me ſemblent beaucoup plus ſimples, & d'un uſage bien plus facile pour le même objet; j'en ai déduit la détermination de l'ombre & de la pénombre d'un corps de figure quelconque, éclairé par un corps lumineux de figure quelconque. La même méthode peut conduire à trouver les caractères généraux de tous les genres de ſurfaces courbes, & à les exprimer analytiquement; je donnerai pour exemple les équations & les propriétés générales de toutes les ſurfaces courbes, qui peuvent être engendrées d'une maniere quelconque par le mouvement d'une ligne droite. L'analyſe ne peut que retirer un très-grand avantage de ſon application à ce genre de Géométrie; car je donne la ſolution de pluſieurs problêmes d'analyſe, qu'on auroit peut-être beaucoup de peine à réſoudre, ſans les conſidérations géométriques.

Une ſurface eſt développable, lorſqu'en la ſuppoſant flexible & inextenſible, on peut la concevoir appliquée ſur un plan, comme celles des cônes & des cylindres, de maniere qu'elle le touche ſans duplicature ni ſolution de continuité, ou, ce qui revient au même, lorſque lui ayant mené par un point quelconque un plan tangent & indéfini, & en ſuppoſant le plan flexible & inextenſible, on peut le concevoir plié ſur la ſurface, de maniere qu'il ſoit par-tout en contact avec elle, ſans que pour cela il faille le briſer ou replier en aucun point.

Soient donc NPP'N' l'élément d'une ſurface courbe & développable, ABCD, le plan tangent à cette ſurface en cet *Fig. 1.*

élément, & soit d'abord plié ce plan, suivant le côté N′P, pour être appliqué sur l'élément suivant N′P′P″N″, & prendre la nouvelle position A′B′C′D′; il est évident, que dans cette opération, le plan n'aura pu se plier que suivant la droite A′B′ déterminée de position par le prolongement du côté N′P′ de l'élément: concevons ensuite que le plan A′B′C′D′ tangent au second élément, soit plié suivant le côté N″P″ pour s'appliquer sur le troisième élément N″P″P″N″, & prendre la troisième position A″B″C″D″, il est clair qu'il n'aura pu pareillement se plier que sur la droite A″B″, déterminée par le prolongement de la petite droite N″P″: imaginons enfin que cette opération soit continuée, & que le plan ait déja enveloppé une partie finie de la surface. Cela posé, on reconnoîtra facilement, 1.° que les droites AB, A′B′, A″B″, A‴B‴, &c. doivent nécessairement se trouver sur la surface courbe: 2.° que les parties de la surface renfermées entre deux de ces droites consécutives, doivent être de nature à pouvoir être regardées comme planes, ou, ce qui est la même chose, que deux de ces droites consécutives doivent être dans un même plan, c'est-à-dire, être paralleles ou concourir en un point.

Si les droites AB, A′B′, A″B″... &c. sont parallèles, la surface sera cylindrique, à base quelconque; si elles concourent toutes en un point, la surface sera conique; mais il peut arriver, & c'est le cas le plus général, que les droites se rencontrent successivement en différens points, par exemple, que la droite AB rencontre le suivant en un point M, que celle-ci rencontre la troisième A″B″ en un autre point M′, que A″B″ coupe la quatrième A‴B‴ en un troisième point M″, & ainsi de suite. Dans ce cas, les points de rencontre MM′M″..... &c. forment une coube à double courbure EMF, dont toutes les droites AB, A′B′, A″B″.... &c. sont les tangentes; alors la surface n'est ni conique ni cylindrique; mais elle est formée par l'assemblage de toutes les tangentes d'une certaine courbe à double courbure. J'ai fait voir, dans le Mémoire cité ci-devant, que de pareilles surfaces avoient toujours deux *nappes*, dont

la courbe

la courbe EMF étoit *l'arête de rebrouſſement*, à moins que la courbe ne ſoit plane, auquel cas les deux nappes ſe confondroient, & ſa ſurface deviendroit un plan.

On peut conclure de-là, qu'il n'y a aucune ſurface développable, qui ne puiſſe être regardée comme formée par les prolongemens de toutes les tangentes d'une certaine courbe à double courbure; & que, réciproquement, toute ſurface formée par les tangentes d'une courbe quelconque, eſt ſuſceptible d'être développée ſur un plan, parce que tous ſes élémens ſont des plans infiniment étroits, mais de longueur infinie, & qui peuvent être appliqués les uns à côté des autres ſur un même plan, ſans ceſſer d'être contigus. Un autre caractère des ſurfaces développables, eſt, 1.° qu'elles n'ont aucun point par lequel on ne puiſſe mener une droite qui les touche dans toute ſon étendue: 2.° que deux de ces droites conſécutives doivent néceſſairement être parallèles, ou ſe couper en un point; conditions qui ſont toutes deux néceſſaires, car on verra, par la ſuite de ce Mémoire, qu'une ſurface peut être compoſée de lignes droites, comme les ſurfaces gauches, ſans être développable, & que l'équation des ſurfaces développables n'eſt qu'un cas particulier de celle des ſurfaces compoſées de lignes droites. C'eſt pour n'avoir pas regardé ces deux conditions comme néceſſaires, que l'unique Auteur de *coupe des pierres*, qui ſoit dans les mains des Artiſtes, s'eſt trompé en employant les développemens de pluſieurs ſurfaces, comme celles des *conoïdes des voûtes d'arêtes en tour ronde, rampantes ou de niveau,* qui ne ſont pas développables, mais ſimplement des ſurfaces gauches.

PROBLÊME PREMIER.

Trouver l'équation générale des ſurfaces développables.

PREMIÈRE SOLUTION.

Soient BAC & CAD, les deux plans perpendiculaires, l'un horizontal & l'autre vertical, auxquels doit être rapportée

l'équation demandée, par des coordonnées rectangulaires x, y & z, de manière que A C ſoit la ligne des x, A D celle des y, & A B celle des z; ſoit G N K une courbe quelconque à double courbure, continue ou diſcontinue, dont les tangentes forment une ſurface quelconque développable, & dont les projections ſur les deux plans ſoient les deux courbes F M Y & H T X: ſoit $y = \psi x$, le ſymbole de l'équation de la courbe F M Y & $z = \phi x$ celui de l'équation de la courbe H T X: enfin ſoient priſes à volonté deux abciſſes quelconques $AP = x$ & $PQ = y$, ce qui détermine la poſition du point Q, pour lequel il s'agiſſe de trouver l'ordonnée correſpondante $QL = z$. Cela poſé, ſi l'on conçoit que le point L ſoit dans la ſurface, & que par ce point on mène une droite L N tangente à la courbe G N K, cette droite ſera toute entière ſur la ſurface développable, & ſa projection horizontale ſera la droite Q M tangente à la courbe F M Y; de plus, le point de contact M ſera la projection du point de contact N; pareillement ſi, par le point P, on élève une verticale $PR = QL$, que, par le point R, on mène à la courbe H T X une tangente R T, cette droite ſera la projection verticale de la droite L N, & le point de contact T ſera celle du point N; enfin ſi, des points M & T, on abaiſſe des perpendiculaires M V & T V ſur la droite A C, ces deux perpendiculaires la rencontreront en un même point.

Il ſuit de-là, que la nature de la ſurface eſt telle, que ſi on la coupe par un plan vertical mené ſuivant la tangente Q M, on aura pour ſection une droite L N, dont la projection verticale R T ſera tangente à ſa courbe H T X, le point de contact T répondant à la même abciſſe A V que le point M. Or l'équation du plan vertical eſt celle de la droite Q M; donc, ſi les équations des droites Q M & R T ſont $y = K$ & $z = K'$, celle de la ſurface doit être telle, qu'en ſubſtituant pour y ſa valeur K, il vienne pour z la valeur K'; la queſtion eſt donc réduite à trouver les équations des droites Q M & R T. Pour cela, ſoit pris infiniment près du point V un autre point, par lequel on mènera aux courbes de projection des ordonnées vm & vt;

par les points Q, M, R & T, on mènera parallèlement aux x les droites QU, $M\mu$, RS, & $T\theta$, on fera AV = V, & l'on aura $Vv = dV$, $VM = \psi \cdot V$, $VT = \varphi V$, $m\mu = d \cdot \psi \cdot V = \psi' \cdot V dV$, $t\zeta = d \cdot \varphi \cdot V = \varphi' V dV$; & les triangles ſemblables Mum, QUM, donneront $m\mu : uM :: MU : UQ$; d'où l'on tirera .... $m\mu \cdot UQ = M\mu \cdot MU$, ou $\psi' \cdot V dV (V - x) = dV (\psi V - y)$, ou enfin ....

$$y = \psi \cdot V + (x - V) \psi' \cdot V;$$

Équation de la droite QM.

Pareillement les triangles ſemblables RST & $T\theta t$, donneront $t\theta : \theta T :: TS : SR$; d'où l'on tirera ....

$$z = \varphi \cdot V + (x - V) \varphi' \cdot V;$$

Équation de la droite RT: il faut donc que l'équation de la ſurface ſoit telle, qu'en y faiſant $y = \psi \cdot V + (x - V) \psi' \cdot V$, l'on ait $z = \varphi V + (x - V) \varphi' \cdot V$; ou, ce qui revient au même, l'équation demandée eſt $z = \varphi V + (x - V) \varphi' V$, pourvu que V ſatisfaſſe à l'équation $y = \psi \cdot V + (x - V) \psi' \cdot V$: ainſi, en éliminant V de ces deux équations, l'on aura une équation, ſans condition, qui exprimera la nature des ſurfaces développables: ſi les fonctions φ & ψ ſont déterminées, l'équation ſe particulariſe, & n'énonce plus que les propriétés d'une certaine ſurface développable; mais ſi φ & ψ reſtent arbitraires, l'équation appartient généralement à toutes les ſurfaces développables, la quantité V étant d'ailleurs quelconque, puiſqu'elle dépend de la forme des fonctions φ & ψ.

Ces deux équations renferment tout ce qu'a dit M. *Euler* ſur cet objet; car cet illuſtre Géomètre donne pour équation des ſurfaces développables ....

$$z = P + Qx, \text{ \& } y = R + Sx,$$

les quantités P, Q, R & S devant ſatisfaire à l'équation $\frac{dP}{dR} = \frac{dQ}{dS}$; condition qui eſt exprimée dans les deux équations que l'on vient de trouver; mais on ſent bien que ces formules ſont d'un uſage très-peu commode, & qu'il ſeroit très-difficile de recon-

noître, par leur moyen, si une surface proposée, dont l'équation seroit différentielle, pourroit ou non se développer sur un plan. On ne peut en retirer quelque avantage, que l'on n'ait éliminé la quantité V & les fonctions φ & ψ. Voici comme j'y parviens.

Soit différenciée l'équation $y = \Psi \cdot V + (x - V)\,\Psi' V$, d'abord en ne faisant varier que x, puis en ne faisant varier que y, δ étant le caractère de la première espèce de différentiation, & d celui de la seconde, on aura les deux équations suivantes.

$$0 = (x - V)\,\Psi'' V \delta V + \Psi' V dx,$$
$$dy = (x - V)\,\Psi'' V \mathrm{d}V;$$

Divisant la première par δV, la seconde par $\mathrm{d}V$, & retranchant l'une de l'autre, on aura ....

$$\Psi' V = -\tfrac{dy}{dx} \cdot \tfrac{\delta V}{\mathrm{d}V}:$$

Mettant cette valeur, de $\Psi' V$, dans l'équation ....
$y = \Psi V + (x - V)\,\Psi' V$, on aura ....

$$y = \Psi V - (x - V)\,\tfrac{dy}{dx} \cdot \tfrac{\delta V}{\mathrm{d}V},$$

Qui, différenciée encore par rapport à x, & par rapport à y, donnera ....

$$0 = \Psi' V \delta V - (x - V)\,\tfrac{dy}{dx}\,\delta\left(\tfrac{\delta V}{\mathrm{d}V}\right) - \tfrac{dy}{dx} \cdot \tfrac{\delta V}{\mathrm{d}V}\,(dx - \delta V),$$
$$dy = \Psi' V \mathrm{d}V - (x - V)\,\tfrac{dy}{dx}\,d\left(\tfrac{\delta V}{\mathrm{d}V}\right) + \tfrac{dy}{dx}\,\mathrm{d}V:$$

Substituant actuellement la valeur de $\Psi' V$, que l'on vient de trouver, on aura les deux équations suivantes, ...

$$(A)\quad (x - V)\,\delta\left(\tfrac{\delta V}{\mathrm{d}V}\right) + dx \cdot \tfrac{\delta V}{\mathrm{d}V} = 0,$$
$$(B)\quad (x - V)\,\mathrm{d}\left(\tfrac{\delta V}{\mathrm{d}V}\right) + dx \quad = 0,$$

Qui expriment la nature de la quantité V, quelle que puisse être la forme des fonctions ψ & ψ'.

Soit différenciée de même l'équation $z = \varphi V + (x - V)\,\varphi' V$, en regardant d'abord x, puis y, comme constans; ce qui donnera les deux équations ....

$$\delta z = (x - V)\,\varphi'' V \delta V + \varphi' V \cdot dx,$$
$$\mathrm{d}z = (x - V)\,\varphi'' V \mathrm{d}V:$$

Divisant la première par δV, la seconde par dV, & retranchant, on aura . . . .

$$\varphi' V = \frac{\delta z}{dx} - \frac{dz}{dx} \cdot \frac{\delta V}{dV}:$$

On mettra cette valeur dans $z = \varphi V + (x - V)\,\varphi' V$, qui deviendra . . . .

$$z = \varphi V + (x - V) \cdot \left(\frac{\delta z}{dx} - \frac{dz\,\delta V}{dx\,dV}\right):$$

On différenciera encore cette équation, & par rapport à x, & par rapport à y; ce qui donnera . . . .

$$\delta z = \varphi' V \delta V + (x - V)\,\delta\left(\frac{\delta z}{dx} - \frac{dz\,\delta V}{dx\,dV}\right) + \left(\frac{\delta z}{dx} - \frac{dz\,\delta V}{dx\,dV}\right) \cdot (dx - \delta V),$$

$$\text{Et } dz = \varphi' V dV + (x - V)\, d\left(\frac{\delta z}{dx} - \frac{dz\,\delta V}{dx\,dV}\right) - \left(\frac{\delta z}{dx} - \frac{dz\,\delta V}{dx\,dV}\right) dV;$$

Équations qui, par la substitution de la valeur de $\varphi' V$, que l'on vient de trouver, deviendront . . . .

$$\delta z = (x - V)\,\delta\left(\frac{\delta z}{dx} - \frac{dz\,\delta V}{dx\,dV}\right) + \left(\frac{\delta z}{dx} - \frac{dz\,\delta V}{dx\,dV}\right) dx,$$

$$dz = (x - V)\, d\left(\frac{\delta z}{dx} - \frac{dz\,\delta V}{dx\,dV}\right);$$

Ou bien, en développant . . . .

$$(x - V) \cdot \left(\delta\delta z - \delta dz \frac{\delta V}{dV}\right) = dz\left((x - V)\,\delta\left(\frac{\delta V}{dV}\right) + dx \frac{\delta V}{dV}\right),$$

$$(x - V) \cdot \left(\delta dz - ddz \frac{\delta V}{dV}\right) = dz\left((x - V)\, d\left(\frac{\delta V}{dV}\right) + dx\right).$$

Or les deux derniers membres de ces équations s'évanouissent par les équations (A) & (B) : donc on aura . . . .

$$\delta\delta z - \delta dz \frac{\delta V}{dV} = 0,$$

$$\text{Et } \delta dz - ddz \frac{\delta V}{dV} = 0;$$

D'où, éliminant $\frac{\delta V}{dV}$, l'on aura, pour équation générale des surfaces développables, ...

$$\delta\delta z \cdot ddz = (\delta dz)^2.$$

COROLLAIRE.

Pour reconnoître si l'on peut développer une surface courbe dont on a l'équation en trois coordonnées rectangulaires x, y & z, il suffit donc, après avoir différencié deux fois cette équation, afin d'avoir des valeurs de $\delta\delta z$, δdz & ddz, de voir si ces

trois quantités sont en proportion géométrique : ceci va s'éclaircir par un exemple.

Exemple.

Soit proposé de reconnoître si toutes les surfaces coniques à bases quelconques, sont développables ou non. J'ai démontré, dans un Mémoire sur la construction des intégrales des équations aux différences partielles, que l'équation des surfaces coniques, quelque part que soit placé le sommet, est .... $z - c = (x - a)\,\varphi\left(\frac{y-b}{x-a}\right)$, a, b & c étant les coordonnées du sommet : on aura donc ....

$$\delta z = dx\,\varphi\left(\tfrac{y-b}{x-a}\right) - \left(\tfrac{y-b}{x-a}\right) dx\,\varphi'\left(\tfrac{y-b}{x-a}\right),$$
$$\mathrm{d}z = dy\,\varphi'\left(\tfrac{y-b}{x-a}\right),$$
$$\delta\delta z = dx^2\,\tfrac{(y-b)^2}{(x-a)^3}\,\varphi''\left(\tfrac{y-b}{x-a}\right),$$
$$\delta\mathrm{d}z = -\,dx\,dy\,\tfrac{y-b}{(x-a)^2}\,\varphi''\left(\tfrac{y-b}{x-a}\right),$$
$$\mathrm{dd}z = dy^2\cdot\tfrac{1}{x-a}\,\varphi''\left(\tfrac{y-b}{x-a}\right):$$

Or on a évidemment $\delta\delta z\,\mathrm{dd}z = (\delta\mathrm{d}z)^2$: donc les surfaces coniques, à bases quelconques, sont développables ; ce que l'on savoit déjà par les définitions.

Si, au lieu de prendre l'équation intégrale des surfaces coniques, l'on eût pris leur équation générale différentielle $(x-a)\frac{\delta z}{dx} + (y-b)\frac{\mathrm{d}z}{dy} = (z-c)$, on auroit trouvé, en différenciant, par rapport à x, ...

$$(x-a)\tfrac{\delta\delta z}{dx^2} = -\,(y-b)\tfrac{\delta\mathrm{d}z}{dx\,dy};$$

Et, par rapport à y, ...

$$(y-b)\tfrac{\mathrm{dd}z}{dy^2} = -\,(x-a)\tfrac{\delta\mathrm{d}z}{dx\,dy}:$$

Enfin, multipliant ces deux équations l'une par l'autre, on auroit trouvé $\delta\delta z\,\mathrm{dd}z = (\delta\mathrm{d}z)^2$, & l'on eût eu par conséquent le même résultat.

Remarque première.

Si l'on avoit quelques doutes ſur la généralité de la formule $\delta\delta z\,\mathrm{d}\mathrm{d}z = (\delta \mathrm{d} z)^2$, & qu'on la ſoupçonnât plus ou moins étendue que les deux équations . . . .

$$z = \varphi V + (x - V)\,\varphi' V,$$
$$y = \psi V + (x - V)\,\psi' V,$$

Qui l'ont produite, il ſeroit très-facile de les lever, & de faire voir que l'intégrale de la formule $\delta\delta z\,\mathrm{d}\mathrm{d}z = (\delta \mathrm{d}z)^2$ dit préciſément la même choſe que ces deux équations. Cette conſidération ne ſera d'ailleurs pas inutile, parce que la méthode que j'emploie ſervira dans la ſuite de ce Mémoire, & qu'elle eſt applicable à beaucoup d'autres équations qu'il ſeroit très-difficile d'intégrer autrement.

Soit donc propoſé d'intégrer l'équation $\delta\delta z\,\mathrm{d}\mathrm{d}z = (\delta \mathrm{d}z)^2$, qui, en faiſant $dz = pdx + qdy$, devient . . . . $\delta p\,\mathrm{d}q = \delta q^2 = \mathrm{d}p^2 = \delta q\,\mathrm{d}p$, ou enfin $\frac{\delta p}{\delta q} = \frac{\mathrm{d}p}{\mathrm{d}q}$.

On ſera $\frac{\delta p}{\delta q} = \omega$, variable quelconque, & l'on aura auſſi $\frac{\mathrm{d}p}{\mathrm{d}q} = \omega$; d'où l'on tirera . . . .

$$\delta p = \omega\,\delta q,$$
$$\text{Et } \mathrm{d}p = \omega\,\mathrm{d}q;$$

Et, par ce que l'on a généralement $dp = \delta p + \mathrm{d}p$, on trouvera en ajoutant, $dp = \omega dq$, équation qui ne peut avoir lieu entre des quantités réelles, à moins qu'elle ne ſoit différentielle complète, & par conſéquent que ω ne ſoit fonction de q : on aura donc $p = \mathrm{F}\cdot q$ pour première intégrale complète, la fonction F étant arbitraire : mettant actuellement cette valeur de p dans l'équation $dz = pdx + qdy$, on aura $dz = dx\mathrm{F}q + qdy$, qu'on peut mettre ſous cette forme . . . .

$$dz = d(x\mathrm{F}q + qy) - (y + x\mathrm{F}'q)\,dq;$$

Mais cette équation ne peut être différentielle complète, à moins que le coëfficient de dq ne ſoit fonction de q; donc l'intégrale finie

& complète de la proposée est ....

$$z = xF\cdot q + qy + f\cdot q,$$

La fonction f satisfaisant à l'équation ....

$$y = -xF'q - f'q,$$

La quantité q étant d'ailleurs indéterminée, & pouvant être quelconque en x & y.

Maintenant, pour reconnoître ce qu'expriment ces deux équations, observons que la seconde est la différentielle de la première, en ne faisant varier que q; donc elle énonce cette propriété, que, dans la première, les variables x, y & z sont constantes, lorsque q devient $q + dq$; quant à la première, si l'on regarde q comme constant, elle est l'équation d'un plan; donc seule elle énonce que la surface qui en est le lieu, est composée d'élémens plans de longueur au moins finie, puisque tous les points qui répondront à q = même constante, seront dans un même plan : mais si l'on y joint la condition exprimée par la seconde équation, qui est que ces points ou leurs coordonnées x, y & z ne changent point, lorsque les plans changent infiniment peu, il s'ensuivra que, dans toute l'étendue de la surface, ses points seront toujours dans l'intersection de deux plans infiniment peu différens; donc les deux équations appartiennent à une surface qui est composée des continuelles intersections avec lui-même d'un plan qui change à chaque instant de position : donc elles appartiennent à une surface développable, sur la nature de laquelle elles ne statuent rien d'ailleurs : donc la formule différentielle $\delta\delta z dd z = (\delta dz)^2$, dont elles sont l'intégrale complète, exprime qu'une surface est développable.

Il faut conclure de-là, que les deux systêmes d'équation simultanées, ou qui doivent avoir lieu en même-temps ....

$$z = \varphi\cdot V + (x - V)\,\varphi'\cdot V,$$

$$y = \psi V + (x - V)\,\psi' V,$$

Et $\left\{\begin{array}{l} z = xF\cdot q + qy + f\cdot q, \\ y = -xF'q - f'q, \end{array}\right.$

Appartiennent

Appartiennent tous deux au même genre de ſurfaces courbes, & ſont également ſatisfaits par les équations de ces ſurfaces; mais qu'ils énoncent chacun une propriété diſtincte & particulière de ces ſurfaces, quoique les propriétés ſoient inſéparables: le premier dit, que les ſurfaces ſont les lieux géométriques des tangentes de courbes à double courbure : le ſecond, qu'elles ſont les lieux des continuelles interſections avec eux-mêmes de plans mobiles. L'on auroit trouvé directement ce ſecond ſyſtême comme le premier, ſi l'on fût parti de cette ſeconde propriété.

REMARQUE II.

Il eſt bon d'obſerver ici, par rapport à l'équation .... $y=\psi\cdot V+(x-V)\psi'V$, pour laquelle on a trouvé les deux différentielles ....

$$(A)\ (x-V)\,\delta\cdot\left(\frac{\delta V}{dV}\right)+dx\frac{\delta V}{dV}=0,$$

$$\text{Et}\,(B)\ (x-V)\,\mathrm{d}\left(\frac{\delta V}{dV}\right)+dx\quad=0,$$

Que les deux équations doivent avoir lieu à-la-fois, pour ſatiſfaire à l'intégrale, par la même raiſon que, ſi l'on a $dz=0$, l'on doit avoir à-la-fois $\delta z=0$ & $\mathrm{d}z=0$. Si l'équation eût été compoſée de trois fonctions dépendantes les unes des autres, comme celle-ci, ...

$$y=\psi V+M\psi'V+N\psi''V,$$

Sa différentielle eût été le ſyſtême de quatre équations différentes, qui auroient dû avoir lieu en même-temps, &, en général, le nombre des différentielles de pareilles équations, eſt toujours $2(n-1)$, n étant le nombre des fonctions dépendantes les unes des autres : quant à ces équations, on doit les regarder comme les intégrales de pluſieurs équations aux différences partielles, & de plus, comme des équations aux différences ordinaires.

Dans la ſolution précédente, j'ai d'abord cherché l'équation intégrale de toutes les ſurfaces développables, puis je l'ai différenciée pour faire diſparoître les fonctions arbitraires, & obtenir

la formule différentielle que j'ai trouvée; dans la solution suivante, je chercherai directement l'équation différentielle.

Seconde Solution.

Fig. 3. Soient, comme dans la Fig. 2, BAC & CAD, le plan vertical & horizontal auxquels est rapportée l'équation demandée, de manière que AC soit la ligne des x, AD celle des y & AB celle des z; soit de plus M, un point d'une surface développable quelconque, correspondant aux trois coordonnées $AP = x$, $PQ = y$ & $QM = z$. Par le point M, soient faites deux sections dans la surface, l'une SME, par un plan perpendiculaire aux x, & l'autre GMF, par un plan perpendiculaire aux y. Par le point M soit menée une tangente à chacune de ces sections; l'une MT, qui rencontrera le plan horizontal quelque part en un point T pris sur le prolongement de la droite PQ; l'autre Mt que le plan horizontal coupera quelque part en un point t, pris sur la droite Qt; menée par le point Q parallèlement aux x; d'où il suit que la droite Tt sera l'intersection du plan horizontal avec le plan tangent à la surface au point M: soit prise une abcisse quelconque $AH = \pi$, soit menée à la droite Tt, l'ordonnée $HK = \omega$, & soit enfin cherchée en π & ω l'équation de la droite Tt. Pour cela, on remarquera que l'équation de la surface courbe étant $dz = pdx + qdy$, on aura les sous-tangentes $QT = -\frac{z}{q}$, & $Qt = \frac{z}{p}$, & par conséquent $PT = y - \frac{z}{q}$; or, si l'origine des coordonnées π & ω étoit en t, l'équation à la droite Tt seroit $\omega = \pi \frac{QT}{Qt} = -\pi \frac{p}{q}$; il ne s'agit donc plus que de transporter l'origine en A; ce qu'on fera en ajoutant une constante, telle qu'en faisant $\pi = AP = x$, on ait $\omega = PT = y - \frac{z}{q}$; ce qui donne, pour équation de la droite Tt ....

$$(C)\quad q(\omega - y) = -p(\pi - x) - z.$$

Cela posé, si le plan tangent, au-lieu de toucher la surface au point M, la touchoit en un point n infiniment proche d, pris sur la section perpendiculaire aux x, la droite Tt chan-

geroit de position, elle deviendroit $T't'$, & couperoit la première quelque part en un point θ auquel correspondent les coordonnées $A\Pi$ & $\Pi\theta$, qui ne changent pas lorsque x étant constant, y devient $y+dy$: donc, si l'on différencie l'équation (C), en regardant x, π & ω comme constans, l'équation $(\omega-y)\,dq=-(\omega-x)\,dp$ qui en résultera, donnera conjointement avec l'équation (C), les valeurs de π & ω qui répondent au point θ, & si l'on mène la droite $M\theta$, elle sera l'intersection des deux plans tangens consécutifs.

Mais, par la propriété des surfaces développables, cette droite doit se trouver toute entiere sur la surface, & doit être la même, soit que le point M de contact se soit mû sur la section perpendiculaire aux y, soit que ce soit sur la section perpendiculaire aux x; donc, si l'on différencie encore l'équation (C) en regardant y, π & ω comme constans, l'équation $(\omega-y)\,\delta q=-(\pi-x)\,\delta p$ qu'on obtiendra, donnera de nouvelles valeurs pour les mêmes coordonnées π & ω, qui répondent au point θ; on aura donc à-la-fois, pour le même point, les deux équations suivantes.

$$(\omega-y)\,\delta q=-(\pi-x)\,\delta p,$$
$$\text{Et } (\omega-y)\,dq=-(\pi-x)\,dp,$$

Ou, multipliant en croix, $\delta p\,dq=\delta q\,dp$; c'est-à-dire,

$$\delta\delta z\,ddz=(\delta dz)^2;$$

Équation qui doit avoir lieu dans tous les points d'une surface courbe, pour qu'elle soit développable.

Remarque.

Pour bien entendre la solution précédente, il faut observer que la première équation différentielle $(\omega-y)\,dq=-(\pi-x)\,dp$ doit avoir lieu dans toutes les surfaces, développables ou non, π & ω étant les coordonnées du point θ, que de même, si l'on suppose que le plan tangent en m rencontre le plan horizontal dans la droite $T''t''$, & que cette droite coupe Tt en

un point θ' pour lequel les coordonnées ſoient π' & ω', l'on aura pareillement dans toutes les ſurfaces $(\omega'-y)\delta q = -(\pi'-x)\delta p$. Ainſi, juſques-là je ne dis rien qui ne puiſſe convenir à toutes les ſurfaces poſſibles. Mais lorſque je poſe que les points θ & θ' ſont toujours confondus, propriété qui n'appartient qu'aux ſurfaces développables, & dont elles jouiſſent toutes, c'eſt-à-dire, lorſque dans les deux équations . . . .

$$(\omega-y)\,dq = -(\pi-x)\,dp,$$
$$\text{Et } (\omega'-y)\,\delta q = -(\pi-x)\,\delta q,$$

Je fais $\omega = \omega'$ & $\pi = \pi'$, c'eſt alors que j'exprime que la ſurface eſt développable, & parce que je n'ai rien ſtatué de particulier ſur les courbures au point M des courbes SME & FMG, qui peuvent être ſoumiſes ou non à la loi de continuité ſans apporter aucun changement au réſultat; il s'enſuit que l'équation $\delta\delta z\, ddz = (\delta dz)^2$, que j'ai trouvée, appartient à toutes les ſurfaces poſſibles, continues ou diſcontinues.

Troisième Solution.

Actuellement que des deux ſolutions précédentes, la première donne directement l'équation intégrale des ſurfaces développables, & que la ſeconde donne directement leur équation aux ſecondes différences, il ſeroit aſſez inutile d'en donner une troiſième, ſi celle-ci, outre qu'elle donne immédiatement l'équation demandée aux différences premières, n'étoit pas en même-temps & beaucoup plus courte & plus élégante que les deux autres; je crois même qu'elle eſt la ſeule qu'on puiſſe retenir, & qui puiſſe donner de mémoire l'équation générale.

Fig. 6. BAC & CAD étant, comme ci-devant, les deux plans de projections, l'un horizontal & l'autre vertical, de manière que AC ſoit l'axe des x, AD celui des y & AB celui des z; ſoient de plus EFKI, KFGL, LGHO, trois élémens plans conſécutifs d'une ſurface développable, & ſoit pris un point M quelconque ſur celui du milieu: ſoit Mm l'élément d'une ſection

faite dans la ſurface perpendiculairement aux y, MN, celui d'une ſection perpendiculaire aux x, & par les points M, m, N ſoient abaiſſées des ordonnées verticales MQ, mq & Nq'; enfin dans le plan vertical mené par Mm, ſoit menée une petite horizontale Mμ juſqu'à la rencontre de la verticale mq, ſoit de même menée par le point N, & parallèlement aux y, une petite horizontale Nn, de manière que l'on ait $m\mu = \delta z$, M$n = -$dz. Cela poſé, il eſt évident que quelque part que ſoit pris le point M ſur le même élément plan KFGL, les petites droites Mm & MN conſerveront toujours la même inclinaiſon au plan horizontal; c'eſt-à-dire, que les quantités $\frac{\delta z}{dx}$ & $\frac{\mathrm{d} z}{dy}$ auront les mêmes valeurs, ou enfin que p & q ſeront conſtantes; mais ſi le point M change d'élément, pour paſſer ſur l'élément voiſin LGHO ou IEFK, alors ces deux lignes ceſſeront d'être chacune parallèle à elle-même, & les quantités p & q varieront. Les ſurfaces développables ſont donc telles, 1.° que les quantités p & q peuvent être conſtantes pour différens x & y, 2.° qu'elles ſont toujours conſtantes enſemble & varient conjointement; donc, dans ces ſortes de ſurfaces, on doit avoir

$$p = \varphi q.$$

Différenciant, par rapport à dx, on aura $\delta p = \varphi' q \cdot \delta q$; &, par rapport à dy, $\mathrm{d}p = \varphi' q \cdot \mathrm{d}q$; multipliant en croix, on aura $\delta p \,\mathrm{d} q = \delta q \,\mathrm{d} p$, ou $\delta \delta z \,\mathrm{d}\mathrm{d} z = (\delta \mathrm{d} z)^2$.

Remarque.

Cette ſolution ſuppoſe ſeulement, comme les précédentes, que la ſurface ſoit compoſée d'élémens plans infinis de longueur, ſans conſidérer en aucune maniere la loi ſuivant laquelle ils ſe ſuccèdent pour former la ſurface; elle eſt donc indépendante de cette loi, qui peut être continue ou diſcontinue, ſans que l'équation puiſſe ceſſer d'avoir lieu.

Corollaire.

L'équation générale des surfaces développables $\delta\delta z dd z = (\delta d z)^2$, ne renfermant que des différences secondes, il suit que si $z = K$ est l'équation d'une certaine surface développable, qui satisfasse par conséquent à l'équation générale, celle-ci $z = K + Ax + By + C$, dans laquelle les coëfficiens A, B & C sont constans, appartiendra encore à une surface développable; car, en différenciant deux fois, les termes Ax, By & C disparoissent avec leurs différentielles, & l'équation ne satisfait pas moins à l'équation générale : donc, si l'on conçoit une surface développable & un plan quelconque rapportés aux mêmes axes, & qu'on augmente ou diminue pour chaque point l'ordonnée de la surface, de l'ordonnée correspondante du plan, la nouvelle surface à laquelle appartiendront les coordonnées, ainsi augmentées ou diminuées, sera développable comme la premiere.

Semblablement, si une surface n'est pas développable, & qu'on augmente ou diminue ses ordonnées de celles d'un plan quelconque, la nouvelle surface à laquelle appartiendront les ordonnées ainsi augmentées, ne sera pas développable.

Dans mon Mémoire sur les développées des courbes à double courbure, j'ai fait voir que toutes les surfaces développables, formées par les tangentes d'une courbe dont tous les élémens sont également inclinés à un plan quelconque, & forment avec lui un angle g, jouissent de cette propriété, qu'une partie quelconque de leur surface est à sa projection sur le plan dans un rapport constant, c'est-à-dire, comme 1 à cos. g. Par exemple, la surface du cône droit, & toutes les surfaces formées par les prolongemens des tangentes des hélices de vis à pas constans, sont dans ce cas-là : ainsi, dans ces surfaces, l'aire d'une partie quelconque ne dépend que de la quadrature d'une aire plane; mais je n'ai pas démontré la proposition inverse, c'est-à-dire, que toute surface dont l'aire d'une partie quelconque est à sa projection sur un certain plan dans un rapport cons-

tant, est une surface développable formée par les tangentes d'une courbe dont tous les élémens sont également inclinés à ce plan, & c'est ce que je vais faire voir.

PROBLÊME II.

Trouver quel est le genre de surfaces courbes, dont l'aire d'une partie quelconque est à sa projection dans un rapport constant.

SOLUTION.

Cette propriété ne peut convenir à une surface, sans qu'elle ne soit commune à tous ses élémens; or l'équation d'une surface courbe étant $dz = pdz + qdy$, l'expression de l'aire d'un de ses élémens, est $dxdy\sqrt{(1+p^2+q^2)}$; & celle de sa projection horizontale, est $dxdy$: donc il faut que l'on ait par-tout $Adxdy = dxdy\sqrt{(1+p^2+q^2)}$, ou $1+p^2+q^2 = A^2$; & par conséquent $p = fonct.\, q$: Donc, 1.° Une surface ne peut jouir de la propriété énoncée dans le Problême, qu'elle ne soit développable: or il est aisé d'appercevoir, que de toutes les surfaces développables, il n'y a que celles qui sont formées par les tangentes de courbes, dont tous les élémens sont également inclinés à un plan, qui puissent être telles, que tous leurs élémens soient en rapport constant avec leurs projections sur le plan: Donc, 2.° Ces surfaces sont les seules qui satisfassent au Problême.

De ce que je n'ai pas considéré la projection de l'élément de la surface sur un plan de position quelconque dans l'espace, ma solution n'en est pas moins générale, parce que l'on peut toujours rapporter l'équation de la surface à trois axes, dont deux soient dans le plan, & alors on rentre dans le cas que j'ai traité.

THÉORIE GÉNÉRALE
DES OMBRES ET DES PÉNOMBRES.

On appelle Ombre, la partie de l'eſpace qu'un corps opaque prive de lumiere par ſon interpoſition dans un milieu éclairé; d'où il ſuit que ſi le corps lumineux eſt un point unique, & en ſuppoſant que les rayons de lumiere ſe propagent en lignes droites, l'ombre ou l'eſpace privé de lumière, ſera toujours terminé ou enveloppé par une ſurface conique circonſcrite à la ſurface du corps opaque, & dont le ſommet ſera au point lumineux. Ainſi, dans ce cas ſimple, & qui eſt ſuffiſant pour la détermination géométrique des ombres dans les deſſins, il ſuffit de trouver l'équation de cette ſurface conique, dont la forme dépend de la figure du corps opaque; & ſi l'on veut avoir la projection de l'ombre du corps ſur une ſurface quelconque, donnée de forme & de poſition, il ne s'agit plus que de trouver l'interſection de cette ſurface avec la ſurface conique.

Mais ſi le corps lumineux, au-lieu d'être un point unique, eſt étendu ſuivant les trois dimenſions, & terminé par une ſurface courbe quelconque, les choſes changent conſidérablement. 1.° L'ombre pure, ou l'eſpace totalement privé de lumiere, n'eſt plus terminé par une ſurface conique, mais par une ſurface développable, circonſcrite en même-temps aux ſurfaces du corps lumineux & du corps opaque, & qui les touche chacune dans une courbe à double courbure. 2.° Le paſſage de l'ombre à la clarté n'eſt plus ſubit, comme dans le premier cas; l'ombre pure eſt enveloppée d'un eſpace dont toutes les parties, toujours moins éclairées que ſi le corps opaque étoit ſupprimé, le ſont cependant plus ou moins, ſuivant qu'elles ſont plus ou moins éloignées de l'ombre pure. Cet eſpace, qu'on

appelle

appelle *Pénombre*, eſt terminé par une autre ſurface développable, pareillement circonſcrite aux ſurfaces des corps opaque & lumineux, & qui les touche auſſi chacune en une courbe à double courbure; mais cette ſurface diffère de la première, en ce que ſon arête de rebrouſſement ſe trouve entre les deux corps, au-lieu que, pour la première, les deux corps ſe trouvent du même côté par rapport à cette arête.

Par exemple, ſi les deux corps ſont ſphériques, la ſurface qui enveloppe l'ombre pure, eſt celle d'un cône droit circonſcrit aux deux corps, & dont le ſommet eſt au-delà de l'un des corps par rapport à l'autre & la pénombre eſt terminée par une autre ſurface conique, pareillement circonſcrite aux deux corps, mais dont le ſommet eſt entre deux. Cette propoſition ſe déduit de la précédente, dont elle n'eſt qu'un cas particulier, en obſervant que l'arête de rebrouſſement d'une ſurface conique à baſe quelconque, conſidérée comme développable, ſe réduit toujours à un point unique qui eſt le ſommet.

Pour démontrer la propoſition générale, ſoit d'abord un plan tangent en même-temps & du même côté aux deux ſurfaces du corps opaque & du corps lumineux, & concevons que ce plan tourne autour des deux corps, ſans ceſſer de leur être tangent, il eſt évident que ſi l'on prend ce plan dans deux poſitions conſécutives, on aura deux plans qui ſe couperont en une droite tangente aux deux corps, & qui ſera la direction d'un des rayons de lumière qui terminent l'ombre pure. Cette droite ſera donc toute entière ſur la ſurface de l'ombre; de plus, deux de ces droites ſe trouveront toujours ſur un même plan tangent: donc la ſurface, qui enveloppe l'ombre pure, a ces deux propriétés; 1.° d'être compoſée de lignes droites; 2.° que deux de ces droites conſécutives ſont toujours dans un même plan; donc cette ſurface eſt développable. Le même raiſonnement démontrera que la ſurface, qui enveloppe la pénombre, eſt auſſi de nature à ſe développer ſur un plan.

On pourroit objecter que l'interſection de deux plans conſé-

cutifs, tangens en même-temps aux corps opaque & lumineux; n'eſt pas toujours ſur la ſurface de l'ombre pure, ſpécialement lorſque la figure du corps lumineux eſt telle, qu'un plan qui le touche en un point, le coupe dans d'autres, parce qu'alors tout le corps lumineux n'étant pas du même côté par rapport au plan tangent, les parties de ce corps, qui ſont au-delà de ce plan par rapport au corps opaque, envoient des rayons de lumière qui rétréciſſent l'ombre pure, & la terminent ailleurs que dans le lieu des continuelles interſections du plan tangent mobile. Je réponds que, dans ces cas-là, la ſurface qui enveloppe l'ombre pure a pluſieurs nappes qui ſe replient les unes ſur les autres; les unes ſéparent l'ombre pure de la pénombre, les autres terminent des eſpaces éclairés ſuivant différentes loix dont les expreſſions ſont les racines d'une même équation; mais il n'en eſt pas moins vrai que l'ombre pure eſt enveloppée d'une ſurface développable circonſcrite aux deux corps : c'eſt à l'adreſſe du calculateur à reconnoître ſi cette ſurface n'a pas des nappes qui traverſent la pénombre & qui ſoient placées ailleurs que ſur les limites de l'ombre pure.

Quant à la poſition de l'arête de rebrouſſement de chacune de ces ſurfaces, voici ce qu'il faut obſerver. Les plans qui, par leur continuelle interſection, forment la ſurface de l'ombre pure ſont tous tangens aux deux corps du même côté; donc, dans le paſſage d'un des plans au ſuivant, les mouvemens des deux points de contact ſe font dans le même ſens; par conſéquent deux droites conſécutives menées par les points de contact correſpondans, ne peuvent ſe rencontrer qu'au-delà d'un des corps par rapport à l'autre. Ce ſera au-delà du corps opaque par rapport au corps lumineux, ſi, dans les points de contact, la courbure du corps lumineux priſe dans la ligne de contact, eſt d'un plus grand rayon que la courbure du corps opaque priſe dans ſa ligne de contact, eu égard aux poſitions reſpectives des élémens correſpondans de ces lignes de contact; & réciproquement: or la ſuite des interſections de ces droites, forme ce que j'appelle, *arête de rebrouſſement*; donc cette

arête pour la ſurface de l'ombre pure, eſt toujours au-delà de l'un des corps opaque ou lumineux par rapport à l'autre : mais les plans dont les continuelles interſections forment la ſurface de la pénombre étant tangens aux deux corps dans des côtés oppoſés, les mouvemens des points de contacts, dans le paſſage d'un plan à l'autre, ſont réciproques : ſi l'un ſe fait dans un certain ſens, l'autre ſe fait dans un ſens contraire ; donc les droites menées par les points de contact correſpondans, ſe rencontrent toujours entre les deux corps ; donc l'arête de rebrouſſement, pour la ſurface de la pénombre, eſt toujours entre le corps opaque & le corps lumineux.

Il ſuit de-là, que toute la théorie des Ombres & des Pénombre, ſe réduit à trouver les équations des deux ſurfaces développables qui peuvent être à-la-fois circonſcrites à deux corps donnés de formes & de poſitions, les deux corps étant pour l'une du même côté relativement à ſon arête de rebrouſſement, & l'autre ayant cette arête entre les deux corps ; la première ſera la ſurface de l'ombre pure ; la ſeconde terminera la pénombre. Enfin, ſi l'on veut trouver ſur une ſurface donnée, la projection de l'ombre & de la pénombre, il ne s'agira plus que de trouver l'interſection de cette ſurface avec les deux ſurfaces développables.

Pour réſoudre cette queſtion avec une certaine clarté, je vais d'abord prendre le cas ſimple, où le corps lumineux eſt ſuppoſé n'être qu'un point unique, & où par conſéquent les deux ſurfaces développables de l'ombre & de la pénombre, ſe réduiſent à un ſeul cône circonſcrit au corps opaque, & qui a ſon ſommet au point lumineux. Je déterminerai premièrement la ligne de contact du cône avec le corps opaque, c'eſt-à dire, la ligne qui ſépare la partie éclairée de la ſurface du corps opaque, de celle qui eſt dans l'Ombre ; enſuite je chercherai l'équation de la ſurface conique qui, ayant ſon ſommet au point lumineux, paſſeroit par cette ligne de contact, & je donnerai les équations de l'interſection de cette ſurface conique avec

celle sur laquelle l'ombre est projetée : enfin je passerai delà au Problême général.

PROBLÊME III.

Etant donnée l'équation d'une surface quelconque, trouver celle de la courbe, suivant laquelle elle est touchée par une surface conique circonscrite, & dont le sommet seroit en un point donné.

SOLUTION.

J'ai démontré dans un Mémoire sur la construction des équations aux différences partielles que l'équation générale des surfaces coniques à base quelconque, est . . . .

$$z - C = (x - a)\,\varphi\left(\tfrac{y-b}{x-a}\right),$$

$$\text{Ou } z - C = (x - a)\tfrac{dz}{dx} + (y - b)\tfrac{dz}{dy},$$

a, b & c étant les coordonnées du sommet : soit donc $z = K$ ou $dz = Pdx + Qdy$, l'équation de la surface donnée, la quantité K & les coëfficiens P & Q qui en dépendent, étant des fonctions quelconques données en x & y. Cela posé, la surface devant être circonscrite par la surface conique, doit, dans toute l'étendue du contact, participer à la propriété du cône : on aura donc, dans toute cette ligne $(x - a)\tfrac{dz}{dx} + (y - b)\tfrac{dz}{dy} = z - C$; mais on a, pour toute la surface, $z = K$, $\tfrac{dz}{dx} = P$ & $\tfrac{dz}{dy} = Q$; on aura donc, pour le contact, ...

$$(x - a)P + (y - b)Q = K - C ;$$

Équation en x & y de la projection horizontale de la courbe demandée.

L'équation que nous venons de trouver, est aussi celle de la projection de la courbe, qui sépare la partie éclairée de la surface du corps opaque de celle qui est dans l'ombre, & peut être d'une grande utilité dans le dessin géométral, par la distribution correcte du clair & de l'obscur.

PROBLÊME IV.

Trouver l'équation d'une surface conique, étant données les coordonnées a, b & o *du sommet & les équations de projections* z=K & (x—a) P+(y=b) Q=K—C *d'une courbe à double courbure par laquelle doit passer cette surface.*

SOLUTION.

L'équation générale des surfaces coniques étant .... $z-c=(x-a)\,\varphi\left(\frac{y-b}{x-a}\right)$, il ne s'agit donc plus que de déterminer la forme que doit avoir la fonction φ, pour que les deux équations proposées soient satisfaites en même-temps, ou qu'en posant $(x-a)\,P+(y-b)\,Q=K-c$, l'on ait $z=K$. J'ai déjà résolu cette question plus généralement qu'elle n'est ici proposée, dans le Mémoire que je viens de citer; cependant je crois qu'il ne sera pas inutile de la rappeler.

Etant donnée l'équation $z=M+N\varphi V$, dans laquelle les quantités M, N & V sont des fonctions données de x & y, déterminer la fonction φ, pour qu'en faisant $y=Fx$, on ait $z=f\cdot x$. Soient M', N' & V' ce que deviennent les quantités M, N & V en mettant pour y sa valeur Fx, on aura, par les conditions du Problême, l'équation suivante en x ....

$$fx=M'+N'\varphi V'.$$

Soit fait $V'=u$, & soit $x=\mathrm{f}u$ la valeur de x en u tirée de cette équation, enfin soient M'' & N'' ce que deviennent M' & N' en substituant à x sa valeur $\mathrm{f}u$, on aura ....

$$f\cdot(\mathrm{f}u)=M''+N''\varphi u;$$

Equation qui est toute en u, & dans laquelle on reconnoîtra par conséquent la forme de la fonction φ. Remettant V pour u, on aura la quantité φV, & l'équation $z=M\pm N\varphi V$ sera déterminée.

Ayant obtenu, par un procédé pareil, l'équation de la surface conique en x, y & z, & l'équation de la surface sur laquelle l'ombre doit être projetée, étant aussi donnée en x, y & z, si l'on élimine z de ces deux équations, on aura celle de la projection horizontale de la courbe qui termine la projection de l'ombre sur cette surface ; & en éliminant x ou y, on aura celle des deux autres projections verticales qu'on voudra.

Remarque.

Outre la théorie générale des ombres, lorsque le corps lumineux est réduit à un point, les deux Problèmes précédens renferment encore les principes généraux de la perspective directe, c'est-à-dire, dans laquelle on suppose que le tableau est vu directement, sans que les rayons de lumière, pour arriver à l'œil, subissent de réflexions ni de réfractions ; car, comme on sait, la perspective d'un corps sur un tableau de figure quelconque, n'est autre chose que l'intersection de ce tableau par un cône circonscrit au corps & dont le sommet est au centre de l'œil. Je ne connois aucun Traité de Perpective où cette question soit résolue aussi généralement ; tous ceux qui ont écrit sur cette matière, ont toujours supposé que le corps à mettre en perspective, fût un point déterminé, ou bien ils se sont contentés de donner la maniere de mettre en perspective certains points déterminés du corps ; mais ils n'ont rien dit de la ligne de contact du corps avec la surface conique circonscrite, ligne qui est la plus importante, puisqu'elle est celle du contour apparent du corps.

La méthode précédente est purement analytique, & je n'entre dans aucun détail de construction, mais elle est comprise dans les constructions que j'ai déja données des fonctions arbitraires.

Reprenons actuellement le Problême général des Ombres.

PROBLÊME V.

Trouver les équations des surfaces qui enveloppent l'Ombre & la Pénombre d'un corps opaque quelconque, éclairé par un corps lumineux quelconque, les deux corps étant donnés de figures & de positions dans l'espace.

SOLUTION.

D'après tout ce qui précède, il est clair que les surfaces demandées, doivent être engendrées par la continuelle intersection avec lui-même d'un plan qui tourne autour des deux corps sans cesser de leur être tangent, avec cette différence seulement, que le plan doit toucher les deux corps du même côté pour engendrer la surface de l'ombre pure, & qu'il les doit toucher dans des côtés opposés, pour engendrer la surface de la pénombre. Cherchons donc d'abord l'équation d'un plan quelconque tangent aux surfaces des deux corps, & pour cela, soient ....;

x, y & z les coordonnées du plan demandé,
x', y' & z' les coordonnées du corps lumineux,
Enfin x'', y'' & z'' les coordonnées du corps opaque.

Toutes rapporteés aux mêmes axes & à la même origine. Les corps étant donnés de figures & de positions, on doit avoir en x', y' & z' l'équation du corps lumineux, & en x'', y'' & z'' celle du corps opaque; soient donc $z'=K'$ la premiere & $z''=K''$ la seconde, de manière qu'en différenciant, l'on ait ....

$$dz' = p'dx' + q'dy',$$
$$\text{Et } dz'' = p''dx'' + q''dy'',$$

K' étant donné en x' & y', K'' en x'' & y'' & les quantités p', q', p'' & q'', qui peuvent s'obtenir par la différenciation, les deux premières en x' & y, & les deux autres en x'' & y'', devant par conséquent être regardées comme données.

Cela posé, BAC & CAD étant les plans de projections, FIG. 3.

A C la ligne des x', AD celle des y' & AB celle des z, ſoit M un point de la ſurface du corps lumineux, SME & FMG deux ſections faites par le point M dans la ſurface, l'une perpendiculairement aux y', & l'autre perpendiculairement aux x', & auxquelles on ait mené par le point M les tangentes MT, Mt; il eſt évident que le plan mené par les deux tangentes, touchera la ſurface au point M; on ſait de plus, que l'équation d'un plan eſt généralement $z = Ax + By + C$, A étant la tangente de l'angle que fait, avec le plan horizontal, une ſection faite dans le plan perpendiculairement aux y, B étant la tangente de l'angle que fait, avec le plan horizontal, une ſection perpendiculaire aux x; donc pour le plan tangent en M, on aura $A = tang.\, MtQ = \frac{dz'}{dx'} = p'$, & $B = tang.\, MTQ = \frac{dz'}{dy'} = q'$; enfin ſi l'origine étoit en M, on auroit $C = 0$, & l'équation ſeroit $z = p'x + q'y$; mais il faut tranſporter l'origine au point fixe A, c'eſt-à-dire, faire $x = x - x'$, $y = y - y'$ & $z = z - K'$, donc on aura pour équation d'un plan tangent au corps lumineux, en un certain point M, ... ,

$$(A)\quad z = p'(x - x') + q'(y - y') + K'.$$

Par la même raiſon, l'équation d'un plan tangent au corps opaque ſera . . . .

$$z = p''(x - x'') + q''(y - y'') + K'',$$

x' & y' étant les coordonnées du point de contact du premier, & x'' & y'' celle du point de contact du ſecond.

Pour exprimer maintenant que ces deux plans ſe confondent, ou que le même plan eſt également tangent aux deux corps, il faut égaler entr'eux tous les coëfficiens correſpondans de x & de y, & les quantités qui ne multiplient ni x ni y, on aura donc les trois équations ſuivantes.

$$(B)\quad p' = p'',$$

$$(C)\quad q' = q'',$$

$$K' - p'x' - q'y' = K'' - p''x'' - q''y'',$$

Ou,

Ou, à cauſe de (B) & de (C), ...

$$(D)\quad K' - K'' = p'(x' - x'') + q'(y' - y'').$$

Si, par le moyen des trois équations (B), (C), (D), on élimine de (A) trois des quatre indéterminées x', y', x'' & y''; par exemple, y', x'' & y'', il reſtera en x, y, z & x', l'équation (E) d'un plan tangent en même-tems aux deux corps, & dont la poſition ſera différente, ſuivant les différentes valeurs que l'on donnera à x', & cette équation ſera de cette forme ....

$$(E)\quad z = Ax + By + C.$$

A, B & C étant des quantités connues en x' & conſtantes, & trouvées par les opérations précédentes.

Avant que d'aller plus loin, on doit remarquer que l'équation (E) eſt également celle du plan tangent aux deux corps du même côté, & celle du plan qui touche les corps dans des côtés oppoſés; ou, pour mieux dire, les opérations indiquées précédemment, donneront pour chacune des quantités A, B & C, pluſieurs valeurs, dont les unes appartiendront au premier plan, & les autres au ſecond. Pour le démontrer, il faut obſerver que les quantités K′ & K″ que j'ai employées, & qui ſont les expreſſions des coordonnées des ſurfaces du corps lumineux & du corps opaque, peuvent avoir pluſieurs valeurs; que même ſi les ſurfaces de ces corps ſont fermées à la manière des ellipſoïdes, elles doivent néceſſairement en avoir deux réelles. Suppoſons donc, un inſtant, que chacune de ces quantités ait deux valeurs, que G & g ſoient les deux valeurs de K′, G′ & g' celles de K″, enfin que l'on ait $G > g$ & $G' > g'$. Il eſt clair que ſi l'on veut avoir l'équation du plan tangent aux deux corps du même côté, il faudra employer, dans les équations précédentes, les deux grandes valeurs G & G′ conjointement, ou les deux petites g & g', ſuivant le côté où l'on veut avoir le plan tangent; qu'au contraire, ſi l'on veut avoir l'équation du plan tangent de deux côtés différens, il faudra employer en même-tems pour K′ & K″, la plus grande valeur G de l'une,

& la plus petite g' de l'autre, ou réciproquement g & G'; ce qui fait jusqu'ici pour le même x' quatre plans, qui seront toujours différens & donneront toujours quatre surfaces différentes, si les quantités G, g, G' & g' sont données chacune par une loi particulière, ou que les parties supérieure & inférieure de la surface de chacun des corps ne fassent pas parties de la même surface courbe : mais ces quatre plans n'engendreront que deux surfaces courbes différentes, si les quantités G & g, de même que G' & g', sont données par la même loi, qu'elles soient par conséquent de nature à se changer l'une en l'autre dans certaines valeurs de x'; ce qui arrivera toutes les fois qu'elles seront les racines d'une même équation, & que la surface de chaque corps sera soumise à la loi de continuité. Dans ce cas, les surfaces de l'ombre & de la pénombre seront chacune soumise à une même loi, & pourront chacune être définie par une équation unique qui lui conviendra dans toute son étendue. Dans le cas, au contraire, où les parties supérieures & inférieures de chaque corps seroient assujéties chacune à une loi particulière, les valeurs de G & g, de même que de G' & g', pourroient chacune s'exprimer analytiquement; mais elles ne seroient pas de nature à se changer l'une en l'autre, & les surfaces de l'ombre & de la pénombre, seroient chacune l'assemblage discontinu de deux parties de surfaces continues; enfin si les deux surfaces des corps étoient totalement discontinues, les valeurs des quantités G, g, G' & g' ne pourroient plus s'exprimer analytiquement, & les surfaces de l'ombre & de la pénombre n'auroient plus d'équations analytiques, autres que celle qui convient généralement aux surfaces développables.

Il suit de-là, que l'équation (E) doit appartenir à tous les plans qui peuvent, de quelque manière que ce soit, toucher à-la-fois les surfaces des deux corps, le point de contact avec le corps lumineux répondant à l'abcisse x; que par conséquent, en donnant successivement aux coëfficiens, A, B & C, toutes les valeurs dont ils sont susceptibles, on aura autant d'équations (E'), (E''), (E''')... &c. qu'il y a de manières possibles de mener

un plan tangent à-la-fois aux deux corps, ainſi que, ſuivant que celle de ces équations que l'on aura employée, appartiendra à un plan qui touchera les deux corps, ou du même côté, ou dans des côtés oppoſés, on aura dans la ſuite l'équation d'une partie de la ſurface de l'ombre pure ou de la pénombre: le reſte de la ſolution étant commun aux deux ſurfaces, doit s'entendre de l'ombre & de la pénombre.

Soient comme précédemment AC, la ligne des x, AD celle des y, AB celle des z & GHIK le plan tangent aux deux ſurfaces données & dont l'équation eſt . . . . *Fig. 5.*

$$(E)\ z = Ax + By + C,$$

A, B & C étant des fonctions de conſtantes & de l'abciſſe x', qui convient au point de contact avec la ſurface lumineuſe. Cela poſé, ſi l'on conçoit que x' devienne $x' + dx'$, & que ∂ ſoit le caractère de cette eſpèce de différentielle, l'équation (E) deviendra . . . .

$$(F)\ z = (A + \partial A)\,x + (B + \partial B)\,y + C + \partial C,$$

Qui ſera l'équation d'un autre plan $G'H'I'K'$, infiniment peu différent du premier, tangent comme lui aux deux corps, & qui le coupera en une droite EF, qui ſe trouvera toute entière ſur la ſurface demandée. La projection horizontale de cette droite ſera ef, dont on aura l'équation en égalant les deux valeurs de z priſes dans les équations (E) & (F); ainſi, cette équation ſera . . . .

$$(G)\ x\tfrac{\partial A}{dx'} + y\tfrac{\partial B}{dx'} + \tfrac{\partial C}{dx'} = 0:$$

La ſurface demandée doit donc être telle, que les deux équations (E) & (G) aient toujours lieu en même-tems, quelque valeur que puiſſe avoir l'indéterminée x', puiſque ſi l'on veut avoir les points de cette ſurface qui ſe trouvent dans le plan GHIK dont l'équation eſt (E), il faut prendre ceux qui répondent à la droite ef, dont l'équation eſt (G); donc éliminant x' de ces deux équations, on aura en x, y & z celle de la ſurface de l'ombre pure & de la pénombre.

REMARQUES.

I.

Pour trouver l'équation (G) j'aurois pu dire plus simplement: « Différenciez l'équation (E) en regardant x, y & z comme constans; » aussi, dans la suite, je me servirai de cette expression pour indiquer la même opération.

II.

Si, dans l'équation en x, y & z de la surface de l'ombre ou de la pénombre, on met pour z la valeur correspondante de K'', on aura en x & y l'équation de la projection horizontale de la ligne de contact de cette surface avec le corps opaque; d'où il suit qu'on connoîtra sur la surface du corps les deux limites de la partie totalement dans l'ombre, & de la partie éclairée par tout le corps lumineux; & la zone renfermée entre ces deux limites, ne sera éclairée que par une partie du corps lumineux. Si l'on met de même pour z les valeurs de K', on aura de même les équations des projections horizontales des lignes de contact des surfaces de l'ombre & de la pénombre avec celle du corps lumineux.

III.

On peut trouver les équations de projections des lignes de contact sans avoir résolu le Problème; car des trois équations (B), (C) & (D), on peut éliminer x'' & y'' & l'on aura en x' & y' l'équation du contact du corps lumineux; réciproquement si l'on élimine x' & y', on aura en x' & y'' l'équation du contact du corps opaque.

Eclaircissons tout cela par un exemple connu.

EXEMPLE.

Soit proposé de trouver les équations des surfaces de l'ombre

& de la pénombre d'une ſphère opaque éclairée par une ſphère lumineuſe, les deux centres ſe trouvant ſur la ligne des x.

Soit placée l'origine au centre de la ſphère lumineuſe, ſoit a ſon rayon, b celui de la ſphère opaque, & c la diſtance des centres, l'équation de la première ſphère ſera ....

$$z'^2 = a^2 - x'^2 - y'^2;$$

Celle de la ſeconde, ſera ....

$$z''^2 = b^2 - (x'' - c)^2 - y''^2:$$

On aura donc ....

$$K' = \sqrt{(a^2 - x'^2 - y'^2)};$$
$$K'' = \sqrt{\left(b^2 - (x'' - c)^2 - y''^2\right)},$$
$$p' = \frac{-x'}{\sqrt{(a^2 - x'^2 - y'^2)}},$$
$$q' = \frac{-y'}{\sqrt{(a^2 - x'^2 - y'^2)}},$$
$$p'' = \frac{-(x'' - c)}{\sqrt{\left(b^2 - (x'' - c)^2 - y''^2\right)}},$$
$$q'' = \frac{-y''}{\sqrt{\left(b^2 - (x'' - c)^2 - y''^2\right)}};$$

Et les équations (A), (B), (C) & (D), deviendront ......

$$(A)\ z = \frac{-x'(x - x') - y'(y - y')}{\sqrt{(a^2 - x'^2 - y'^2)}} + \sqrt{(a^2 - x'^2 - y'^2)},$$
$$(B)\ x'\sqrt{\left(b^2 - (x'' - c)^2 - y''^2\right)} = (x'' - c)\sqrt{(a^2 - x'^2 - y'^2)};$$
$$(C)\ y'\sqrt{\left(b^2 - (x'' - c)^2 - y'^2\right)} = y''\sqrt{(a^2 - x'^2 - y'^2)},$$
$$(D)\ \sqrt{(a^2 - x'^2 - y'^2)} - \sqrt{\left(b^2 - (x'' - c)^2 - y''^2\right)} + \frac{x'(x' - x'') + y'(y' - y'')}{\sqrt{(a^2 - x'^2 - y'^2)}} = 0;$$

Chaſſant y'' des trois dernières, on trouvera, indépendamment de y', les valeurs ſuivantes de x' & de x'': ....

$$x' = \tfrac{a}{c}(a \mp b),\ x'' = c - \tfrac{b}{c}(b \mp a);$$

D'où l'on conclura d'abord que les lignes de contact doivent être dans des plans perpendiculaires aux x, déterminés de poſition par les deux équations; enſuite réduiſant (A) & mettant pour x'

sa valeur, on aura . . . .

$$(E)\ z = \frac{a^2c - ax(a\mp b) - cyy'}{\sqrt{(a^2c^2 - a^2(a\mp b)^2 - c^2y'^2)}}:$$

On différenciera cette équation en ne faisant varier que y', l'on sera sa différentielle $= 0$, & l'on en tirera . . . .

$$(G)\ y' = \frac{ay}{c}\left(\frac{ac - x(a\mp b)}{z^2 + y^2}\right):$$

Substituant cette valeur dans (E), on aura . . . .

$$(z^2 + y^2)\cdot(c^2 - (a\mp b)^2) = (ac - x(a\mp b))^2;$$

Équation qui appartient aux deux surfaces de l'ombre & de la pénombre. Le signe supérieur donne l'équation d'une surface conique tangente aux deux sphères, le sommet étant au-delà d'un des corps par rapport à l'autre, il appartient à l'ombre pure; le signe inférieur donne celle d'un cône circonscrit aux deux sphères & dont le sommet est entre deux, il appartient à la pénombre; ce que l'on savoit déja.

PROBLÊME VI.

Etant donnés de figures & de positions dans l'espace deux corps, l'un opaque & l'autre lumineux, trouver les équations des contours de l'Ombre & de la Pénombre du corps opaque, projetés sur une surface quelconque aussi donnée de figure & de position.

SOLUTION.

Ayant trouvé en x, y & z, par le Problême précédent, les équations des surfaces de l'ombre & de la pénombre, ayant aussi en x, y & z, par les conditions du Problême, l'équation de la surface sur laquelle l'ombre & la pénombre sont portées, si l'on élimine z de ces équations, on aura en x & y les équations des projections horizontales des courbes demandées.

Les deux Problêmes précédens ne laissent plus rien à desirer sur la détermination géométrique des Ombres, en supposant que les rayons de lumière se propagent toujours en lignes

droites, & n'éprouvent aucune inflexion aux approches du corps opaque; mais, si l'on suppose que le corps opaque exerce sur les rayons de lumière une action qui les détourne de leur route, il est évident qu'il doit en résulter une altération dans l'ombre & la pénombre, qui seront terminées ou enveloppées par d'autres surfaces, sur la nature desquelles on ne peut prononcer, qu'on n'ait auparavant assigné la loi selon laquelle sont brisés les rayons de lumière tangens au corps opaque.

Scholie.

Pour déterminer la nature & la position d'une surface développable, il suffit de donner la courbe à double courbure, qui en est l'arête de rebroussement, ou, ce qui revient au même, les équations de projection de cette courbe $y = \psi \cdot x$ & $z = \varphi \cdot x$, étant données, il ne reste plus rien d'indéterminé dans l'équation de la surface; car cette équation est, comme on l'a vu, Problême premier ....

$$z = \varphi V + (x - V)\varphi' V,$$

V satisfaisant à l'équation ....

$$y = \psi V + (x - V)\psi' V:$$

Donc, connoissant les formes des fonctions φ & ψ, l'élimination de V donnera en x, y & z, l'équation de la surface qui sera déterminée. Mais il faut bien remarquer que l'arête de rebroussement ne suffit pour déterminer la surface développable, que parce qu'elle est une *courbe singulière* qui la caractérise, toute autre courbe ne seroit pas suffisante; car il n'y a aucune courbe par laquelle on ne puisse faire passer une infinité de surfaces développables, coniques, par exemple, ou cylindriques ... &c.

On a vu, dans la Théorie des Ombres, qu'une surface développable est donnée de position, lorsqu'on donne deux surfaces auxquelles elle doit être circonscrite, elle le seroit pareillement, si, au-lieu des deux surfaces, on ne donnoit que les lignes de contact par lesquelles elle doit passer; donc deux courbes à

double courbure suffisent pour déterminer la position d'une surface développable.

Voyons actuellement comment on peut trouver l'équation de la surface d'après ces données.

PROBLÊME VII.

Trouver l'équation d'une surface développable, connoissant les équations de deux courbes à double courbure par lesquelles elle doit passer.

SOLUTION.

Si l'on conçoit qu'un plan tangent aux deux courbes, tourne autour d'elles sans cesser de les toucher, & qu'on considère le plan dans deux positions consécutives, on aura deux plans dont l'intersection passera par les deux points de contact, & par conséquent par les deux courbes données: or deux pareilles intersections consécutives sont dans un même plan, puisqu'elles sont les intersections du même plan avec celui qui le suit & celui qui le précède immédiatement: donc la suite de ces intersections composera une surface développable, qui passera par les deux courbes données, & qui sera par conséquent la surface demandée. Ainsi, la question est réduite à trouver l'équation de la continuelle intersection avec lui-même d'un plan toujours tangent aux deux courbes données. Cherchons d'abord l'équation d'un plan tangent à-la-fois aux deux courbes, & pour cela soient x, y & z les coordonnées du plan, $y = F \cdot x$ & $z = f \cdot x$ les équations de projections d'une des courbes données, $y = F \cdot x$ & $z = f \cdot x$ celles des projections de l'autre courbe; & faisant, pour un instant, abstraction d'une de ces courbes, cherchons l'équation du plan tangent à l'autre: cette équation contiendra deux indéterminées, parce que la position d'un plan n'est pas fixée par la condition d'être tangent à une courbe donnée.

FIG. 2. Soient GNK la courbe à laquelle il est question de mener un plan tangent, EMY & HTX ses projections horizontale

&

& verticale, dont les équations ſoient $y = F \cdot x$ pour la premiere, & $z = f \cdot x$ pour la ſeconde ; ſoient de plus N le point de la courbe par lequel doit être mené le plan tangent, M & T ſes projections, & x' l'abciſſe AV qui lui répond, on aura $VM = F \cdot x'$ & $MN = NT = f \cdot x'$; enfin ſoient LN la tangente au point N, QM & RT ſes deux projections. Cela poſé, le plan devant paſſer par la droite LN, ſon équation doit être telle, qu'en mettant pour y ſa valeur priſe dans l'équation de la droite QM, on obtienne pour z ſa valeur priſe dans l'équation de la droite RT : or l'équation générale du plan eſt . . . .

$$z = Ax + By + C,$$

Et celles des droites QM & RT ſont, comme nous avons vu Problême premier, ...

$$y = F \cdot x' + (x - x') F' \cdot x',$$

$$\text{Et } z = f \cdot x' + (x - x') f' \cdot x' :$$

Donc il faut que les conſtantes A, B & C ſoient telles, que l'on ait . . . .

$$f \cdot x' + (x - x') f' \cdot x' = Ax + B\left(F \cdot x' + (x - x') F' \cdot x\right) + C ;$$

Ou bien, paſſant tout dans un membre, & ordonnant par rapport à x, ...

$$x(f'.x' - A - BF'.x') + f.x' - x'f'.x' - B(F.x' - x'F'.x') - C = 0 ;$$

D'où l'on tire, en égalant à zéro le coëfficient de x & le terme ſans x, les valeurs ſuivantes de B & de C : . . . .

$$B = \frac{f'.x' - A}{F'.x'},$$

$$\text{Et } C = f \cdot x' - Ax' + (A - f' \cdot x') \frac{Fx'}{F'.x'} :$$

Mettant ces valeurs dans l'équation $z = Ax + By + C$, on aura, pour équation du plan tangent à la courbe GNK, ...

$$(A) \quad z = Ax + y\frac{f'.x' - A}{F'.x'} + f \cdot x' + (A - f' \cdot x') \frac{Fx'}{F'.x'} - Ax',$$

Dans laquelle la quantité A doit être déterminée par la condition que le plan ſoit tangent à l'autre courbe.

En opérant de la même maniere ſur l'autre courbe, on

trouvera pareillement que x'' étant l'abciſſe; qui répond au point de contact, l'équation de ſon plan tangent ſera ....

$$(B)\ z = A'x + y\frac{f'.x'' - A}{F.x''} + f\cdot x'' + (A' - f'\cdot x'')\frac{F.x''}{F'.x''} - A'x''.$$

Actuellement, ſi l'on veut exprimer que ces deux plans ſe confondent en un ſeul plan tangent aux deux courbes, il faut rendre les deux équations (A) & (B) identiquement les mêmes, c'eſt-à-dire, égaler les coëfficiens de x, de y & les termes ſans x ni y, ce qui donnera les équations ſuivantes: ....

$$A = A',$$

$$\frac{f'.x' - A}{F'.x'} = \frac{f'.x'' - A}{F'.x''},$$

$$(C)\ f\cdot x' - fx'' + (A - f'\cdot x')\frac{F.x'}{F'.x'} - (A - f'\cdot x'')\frac{F.x''}{F'.x''} - A(x' - x'') = 0:$$

On tire de la ſeconde ....

$$A = \frac{f'.x'F'.x'' - f'.x''F'.x'}{F'.x'' - F'.x'}:$$

Subſtituant cette valeur de A & de A', dans les deux équations (A) & (C), & réduiſant, on aura ....

$$(D)\ (z - f.x')(F'.x'' - F'.x') = (x - x')(f'.x'F'.x'' - f'.x''F'.x') + (y - F.x')(f'.x'' - f'.x'),$$

$$(e)\ (f.x'' - f.x')(F'.x'' - F'.x') = (x'' - x')(f'.x'F'.x'' - f'.x''F'.x') + (F.x'' - F.x')(f'.x'' - f.x').$$

Cette dernière équation (e) étant en x' & x'' ſimplement, indique que l'un des points de contact étant donné, l'autre s'enſuit néceſſairement.

Si l'on prend, dans cette équation, la valeur de x'' en x' pour la ſubſtituer dans (D), on aura en x, y, z & x' l'équation du plan tangent aux deux courbes, & cette équation ſera de cette forme ....

$$(E)\ z = Ax + By + C,$$

A, B & C étant des fonctions de x', & dépendans par conſéquent de la poſition d'un des points de contact: traitant cette équation comme l'équation (E) du Problème 5, on aura pour les mêmes raiſons l'equation de la ſurface demandée, c'eſt-à-dire,

qu'il faudra différencier (E) en regardant x, y & z comme conſtans; ce qui donnera une nouvelle équation, ...
(F) $x\frac{\partial A}{dx'}+y\frac{\partial B}{dx'}+\frac{\partial C}{dx'}=0$; par le moyen de laquelle éliminant x' de (E), on aura l'équation de la ſurface développable demandée.

REMARQUES.

I.

On a vu dans la Remarque 1. du Probl. I. que l'équation générale des ſurfaces développables, doit être de cette forme $z=x\,F\cdot q+qy+f\cdot q$, la fonction f ſatisfaiſant à l'équation $y=-xF'q-f'q$ [Les caractères F & f n'ont ici aucun rapport avec ceux qu'on vient d'employer dans la ſolution précédente]: donc l'équation en x, y & z, que l'on vient de trouver, doit être de la même forme, & donner la quantité q & les fonctions F & f; mais ſi, dans les opérations analytiques, on avoit altéré cette forme d'équation, & que l'on eût quelque difficulté à l'y ramener, il faudroit ſe rappeller que j'ai exprimé par q la quantité $\frac{dz}{dy}$, & $\frac{dz}{dx}$ par $F\cdot q$: donc, ſi l'on différencie l'équation trouvée & qu'on mette ſa différentielle ſous cette forme .... $dz=Mdx+Ndy$, M & N ne renfermant que x & y, on aura $q=N$ & $F\cdot q=M$; la première de ces équations donne la valeur de q, & par la nature de la ſurface courbe, il doit être poſſible d'éliminer x & y de la ſeconde par la ſeule hypothèſe de $q=N$, puiſque, comme nous l'avons vu, l'on doit avoir M=*fonct.* de N=*fonct.* de q: donc l'équation $F\cdot q$ ſera toute en q, & la forme de la fonction F ſera connue. Quant à la fonction f, il n'y a plus rien, qui puiſſe arrêter, puiſque tout le reſte de l'équation eſt déterminé.

II.

Ce que l'on vient de dire de l'équation du Problême précédent, doit s'entendre auſſi de celle de la ſurface de l'ombre ou de la pénombre trouvée dans le Problême 5, qu'il eſt pareille-

ment toujours possible de ramener à la forme ....
$z = x\mathrm{F}\cdot q + qy + f\cdot q$.

III.

Nous avons vu pareillement, Problême I, que l'équation d'une surface développable doit toujours être susceptible de la forme ....

$$z = \varphi\mathrm{V} + (x - \mathrm{V})\,\varphi'\mathrm{V},$$

V étant tel que l'on ait ....

$$y = \psi\mathrm{V} + (x - \mathrm{V})\,\psi'\mathrm{V}.$$

Il s'agit actuellement de faire voir comment les équations des Problêmes 5 & 7 peuvent s'y ramener; mais auparavant il faut se rappeller que les fonctions φ & ψ sont supposées de telles formes, que $z = \varphi x$ & $y = \psi x$, soient les équations des projections horizontale & verticale de l'arête de rebroussement, & que V est l'abcisse qui convient au point où cette arête est touchée par le plan tangent à la surface au point dont les coordonnées sont x, y & z. Reprenons donc l'équation .... (E) $z = \mathrm{A}x + \mathrm{B}y + \mathrm{C}$, des Problêmes 5 & 7, qui, comme on l'a déja dit, pour une certaine valeur déterminée de x', appartient à un plan CHIK tangent à la surface développable; *Fig. 5.* or, de même qu'en différenciant cette équation, sans faire varier ni x, ni y, ni z, l'équation (F) $x\frac{\partial \mathrm{A}}{dx'} + y\frac{\partial \mathrm{B}}{dx'} + \frac{\partial \mathrm{C}}{dx'} = 0$, ou $y = -x\frac{\partial \mathrm{A}}{\partial \mathrm{B}} - \frac{\partial \mathrm{C}}{\partial \mathrm{B}}$, qui en résulte, appartient à la projection horizontale ef, de l'intersection EF de deux plans tangens consécutifs; pareillement si l'on différencie l'équation (F), en regardant x & y comme constans, l'équation ....

$$(\mathrm{G})\quad x\,\partial\left(\frac{\partial \mathrm{A}}{\partial \mathrm{B}}\right) + \partial\left(\frac{\partial \mathrm{C}}{\partial \mathrm{B}}\right) = 0,$$

Qu'on obtiendra, donnera la valeur de x, ou de l'abcisse AV, qui répond au point M d'intersection de deux droites consécutives ef, $e'f'$; mais c'est cette abcisse AV, que j'ai exprimée par V dans les équations générales (*Voyez* Prob. I.):

donc on aura d'abord . . . .

$$(H)\ V = \frac{-\partial\left(\frac{\partial C}{\partial B}\right)}{\partial\left(\frac{\partial A}{\partial B}\right)};$$

De plus, en éliminant x' des deux équations (F) & (G), on aura en x & y l'équation de la courbe NMP, formée par la ſuite de toutes les interſections M, & projection horizontale de l'arête de rebrouſſement: donc la valeur de y priſe dans cette équation, donnera la forme de $y = \psi \cdot x$, & la fonction Ψ ſera déterminée; éliminant de même x' des deux équations (F) & (H), on aura en x & y la valeur de V.

Si on élimine y des deux équations (E) & (F), l'équation

$$(I)\ z = Ax - B\left(x\tfrac{\partial A}{\partial B} + \tfrac{\partial C}{\partial B}\right) + C,$$

Qu'on en tirera, ſera celle de la projection verticale de la droite EF, donc en différenciant cette équation ſans faire varier ni x ni z, l'équation . . . .

$$(K) = (G)\ x\tfrac{\partial A}{\partial B} + \tfrac{\partial C}{\partial B} = 0,$$

Que l'on aura, donnera la valeur de l'abciſſe AV, qui répond à l'interſection de deux de ces projections verticales conſécutives, valeur qui eſt la même que celle qui donne l'équation (G); donc éliminant x' de (G) & de (I), on aura en x & z l'équation de la ſuite de ces interſections ou de la projection verticale de l'arête de rebrouſſement: ainſi la valeur de z en x tirée de cette équation, ſera $z = \varphi x$, & donnera la forme de la fonction φ.

Donc la quantité V & les formes des fonctions φ & ψ ſeront déterminées.

COROLLAIRE.

Si le point M étoit fixe, ou que toute la courbe NMP ſe réduisît à un point unique M, de manière que l'on eût l'abciſſe AV = *conſtante*, la ſurface développable deviendroit un *Fig. 5.*

cône dont la projection du sommet seroit au point M, & l'on auroit ....

$$V, \text{ ou } \frac{-\partial\left(\frac{\partial C}{\partial B}\right)}{\partial\left(\frac{\partial A}{\partial B}\right)} = \textit{constante},$$

Ou, parce que les quantités A, B & C ne peuvent pas être différenciées autrement que par rapport à x' dont elles sont uniquement fonctions, il s'ensuit que ....

$$d \cdot \frac{d\left(\frac{dC}{dB}\right)}{d\left(\frac{dA}{dB}\right)} = 0,$$

Est une équation de condition, qui doit être satisfaite par celle de deux courbes à double courbure, pour que ces courbes puissent se trouver sur une même surface conique, les quantités A, B & C étant prises dans le Problême 7; & si ces quantités sont celles que donnent le Problême 5, cette équation sera toujours satisfaite par celles de deux surfaces courbes, lorsque ces surfaces seront de nature à être circonscrites par une même surface conique.

On peut déduire, de tout ce qui précède, la démonstration des solutions des Problêmes suivans, qu'il seroit très-difficile de résoudre sans les considérations géométriques par lesquelles on y est parvenu; ce qui est une nouvelle preuve que l'analyse peut tirer de très-grands secours de la connoissance des propriétés de l'étendue.

QUESTIONS ANALYTIQUES, Dont les Solutions sont fondées sur les Recherches précédentes.

PROBLÊME VIII.

Etant donnée l'équation $z=\varphi V+(x-V)\,\varphi' V$, *dans laquelle* V *est une fonction inconnue de* x *&* y, *dont on sait seulement qu'elle doit généralement satisfaire à l'équation* $y=\psi V+(x-V)\,\psi' V$, *les formes des fonctions* φ *&* ψ *étant indéterminées, trouver la valeur de* V, *& les formes des fonctions* φ *&* ψ, *pour que la proposée satisfasse aux deux conditions suivantes,* 1.° *qu'en faisant* $y=\mathrm{F}x$, *on ait* $z=\mathrm{f}\cdot x$, 2.° *qu'en faisant* $y=F\cdot x$, *on ait* $z=f\cdot x$.

SOLUTION.

Soient posées les deux équations suivantes, tirées du Problême 7, ...

(D) $(z-\mathrm{f}.x')(F'.x''-\mathrm{F}'.x')=(x-x')(\mathrm{f}'.x'F'.x''-f'.x''\mathrm{F}'.x')+(y-\mathrm{F}x')(f'.x''-\mathrm{f}'.x')$,

(e) $(f.x''-\mathrm{f}.x')(F'.x''-\mathrm{F}'.x')=(x''-x')(\mathrm{f}'\,x'F'.x''-f'.x''\mathrm{F}'.x')+(F.x''-\mathrm{F}x')(f'.x''-\mathrm{f}'.x')$;

Soit prise, dans la seconde, la valeur de x'' en x', pour la substituer dans la première; ce qui donnera une équation de cette forme ....

$$(E)\quad z=Ax+By+C,$$

Dans laquelle les quantités A, B & C seront données en x': soit ∂ le caractère d'une différentielle prise en ne faisant varier que x', & soient posées les quatre équations suivantes.

$$(F) \cdot y = -x\tfrac{\partial A}{\partial B} - \tfrac{\partial C}{\partial B},$$

$$(G) \cdot x\,\partial\tfrac{\partial A}{\partial B} + \partial\tfrac{\partial C}{\partial B} = 0,$$

$$(H) \cdot V = \frac{-\partial\left(\frac{\partial C}{\partial B}\right)}{\partial\left(\frac{\partial A}{\partial B}\right)},$$

$$(I) \cdot z = Ax - B\left(x\tfrac{\partial A}{\partial B} + \tfrac{\partial C}{\partial B}\right) + C.$$

Cela posé, 1.° Si l'on élimine x' de (E) & de (F), on aura la valeur de z qui satisfait au Problême.

2.° Si l'on élimine x' de (F) & de (G), on aura une équation dont la valeur de y en x donnera la forme de la fonction ψ.

3.° Si l'on élimine x' de (G) & de (I), on aura une équation dont la valeur de z en x donnera la forme de la fonction φ.

4.° Enfin si l'on élimine x' de (H) & de (F), on aura une équation en V, x & y, qui donnera la valeur de V.

PROBLÊME IX.

Etant donnée l'équation $z = x\varphi \cdot q + yq + \psi \cdot q$, *dans laquelle* q *est une quantité inconnue dont on sait seulement qu'elle est fonction de* x *& de* y, *& les fonctions* φ *&* ψ *devant seulement être telles, que la différentielle de la proposée prise en ne faisant varier que* q, *soit* $=0$, *ou que l'on ait* $x\varphi' \cdot q + y + \psi' \cdot q = 0$, *déterminer la quantité* q *& les formes des fonctions* φ *&* ψ *pour qu'elles satisfassent aux deux conditions du Problême précédent, c'est-à-dire, qu'en faisant,* 1.° $y = Ex$, *on ait* $z = f \cdot x$, 2.° *Qu'en faisant* $y = F \cdot x$, *on ait* $z = f \cdot x$.

SOLUTION.

Tout étant comme dans le Problême précédent, si l'on élimine x' de (E) & de (F), on aura une équation $z = Q$ qui satisfera

satisfera à la question, comme la précédente. Soit de plus différenciée cette équation, & soit $dz = Mdx + Ndy$ sa différentielle, M & N ne contenant que x & y; on aura 1.° $q = N$, 2.° $\varphi q = M$. Mais si, de ces deux équations, on élimine x, y s'éliminera nécessairement; car M doit être nécessairement fonction de N, & par conséquent fonction de q; donc on aura $\varphi \cdot q$ en q, & la quantité q, de même que la forme de la fonction φ seront déja connues.

Quant à la fonction ψ, l'on doit avoir $\psi q = z - x\varphi \cdot q - qy$ & par conséquent $\psi \cdot q = Q - x\varphi \cdot q - qy$, d'où éliminant x par l'équation $q = N$, y s'éliminera aussi nécessairement, & l'on aura ψq en q.

Problême X.

Etant donnée l'équation $z = \varphi V + (x - V)\varphi' V$, V *devant généralement satisfaire à l'équation* $y = \psi V + (x - V)\psi' V$, *déterminer la valeur qu'il faut donner à* V, *& les formes des fonctions* φ *&* ψ, *pour que la surface, qui sera le lieu de la proposée soit circonscrite à deux surfaces données, & telles* 1.° *que* x', y' *&* z', *étant les coordonnées de la première rapportée aux mêmes axes, l'on ait, pour son équation,* $z' = K'$ *ou* $dz' = p'dx' + q'dy'$; 2.° *Que* x'', y'' *&* z'' *étant les coordonnées de la seconde, son équation soit* $z'' = K''$, *ou* ...... $dz'' = p''dx'' + g''dy''$.

Solution.

Soient posées les quatre équations suivantes, tirées du Problême 5, ...

$$(A) \cdot \quad z - K' = (x - x')p' + (y - y')q',$$
$$(B) \cdot \quad K'' - K' = (x'' - x')p' + (y'' - y')q',$$
$$(C) \cdot \quad p' = p'',$$
$$(D) \cdot \quad q' = q'',$$

Et soient substituées, dans la première, les valeurs de x'', y' &

y'' prises dans les trois autres, on obtiendra une équation (E) $z = Ax + By + C$, dans laquelle les coëfficiens A, B & C soient donnés en x', on traitera cette équation comme celle du Problème 8, & l'on trouvera de même la quantité V & les formes des fonctions φ & ψ.

PROBLÊME XI.

Etant donnée l'équation $z = x\varphi \cdot q + qy + \psi \cdot q$, *dans laquelle* q *est une inconnue, mais où la fonction* ψ *doit être telle, que la différentielle de la proposée prise en ne faisant varier que* q, *soit satisfaite, ou que l'on ait* $x\varphi' \cdot q + y + \psi' \cdot q = 0$, *déterminer* q *& les fonctions* φ *&* ψ, *de manière que le lieu de la proposée satisfasse aux conditions du Problême précédent.*

SOLUTION.

On prendra l'équation (E) du Problême précédent, on la traitera comme l'équation (E) du Problême 9, & on aura de même la quantité q, & les formes des fonctions φ & ψ demandées.

SCHOLIE.

Dans tout ce qui précède, je n'ai détaillé des propriétés des surfaces développables, que celles dont elles jouissent entant que développables: si l'on y joint ce que j'ai dit ailleurs de ces sortes de surfaces considérées comme lieux géométriques des développées des courbes à double courbure, on en aura une théorie complète; mais si l'on se rappelle la définition que j'ai donnée au commencement de ce Mémoire, où j'ai dit, 1.° que les surfaces développables étoient composées de lignes droites; 2.° que deux de ces droites consécutives étoient toujours dans un même plan, la première condition indiquoit le genre, la seconde caractérisant l'espèce, on reconnoîtra facilement que ces surfaces font partie d'une famille de surfaces courbes beaucoup plus générale, & remarquable en cela, que tout ce qui n'est pas compris dans la classe des surfaces développables, est déja connu

ſous le nom générique de *ſurfaces gauches ;* car c'eſt ainſi qu'on a coutume d'appeller les ſurfaces compoſées de lignes droites, dont deux conſécutives ne ſont jamais dans un même plan; elles ſe préſentent très-fréquemment dans les Arts, particulièrement en Architecture. Les ſurfaces de l'*Arriere vouſſure de Marſeille*, des conoïdes des *voûtes d'arêtes en tour ronde, rampantes ou de niveau*, des faces ſupérieures & inférieures des *limons* des eſcaliers tournans ... &c. ſont, pour l'ordinaire, des ſurfaces gauches. Il ne ſera donc pas inutile d'entrer ici dans quelques détails ſur leur nature & leur conſtruction.

DES SURFACES GAUCHES.

PROBLÊME XII.

Trouver l'équation générale des ſurfaces engendrées par le mouvement d'une ligne droite.

SOLUTION.

De cela ſeul qu'une ſurface eſt engendrée par le mouvement d'une droite, il s'enſuit qu'elle ne doit avoir aucun point par lequel on ne puiſſe mener une ligne droite qui ſe trouve toute entière ſur la ſurface; car on peut toujours, par le point, mener une droite ſuivant la direction qu'avoit la droite génératrice, lorſque, dans ſon mouvement, elle paſſoit par ce point. Soient donc BAC, CAD les deux plans, l'un horizontal & l'autre vertical, auxquels doit être rapportée l'équation demandée; ſoit M un point de la ſurface pour lequel on ait les coordonnées $AP=x$, $PQ=y$ & $QM=z$; ſoit NMI, la droite menée par le point M & qui ſe trouve toute entière ſur la ſurface; enfin ſoient EF & nl les projections horizontale & verticale de cette droite; il eſt évident que quelque part que ſoit pris le point Q, c'eſt-à-dire, pour un x & un y pris à volonté, ſi l'on mène un plan vertical par EF, il coupera la ſurface en une droite dont *Fig. 6.*

la projection verticale sera la droite nl : or l'équation du plan vertical ne peut être que de cette forme $y = Ax + B$, celle de la projection verticale nl ne peut être que de celle-ci $z = Cx + D$; l'équation de la surface doit donc être telle, qu'en faisant $y = Ax + B$, l'on ait $z = Cx + D$. Voyons actuellement ce que doivent être les quantités A, B, C & D.

Supposons, pour un instant, que la loi du mouvement de la droite soit connue, & que les quantités A & B soient regardées comme données, il est clair que non-seulement la position du plan vertical qui passe par EF, sera déterminée; mais encore que la position de la droite génératrice dans ce plan, s'ensuivra nécessairement, & que par conséquent on sera en état d'en conclure les valeurs de C & de C; or on n'emploie pour cela que les quantités A & B, qui sont d'ailleurs nécessaires; donc les quantités C & D doivent dépendre de A & de B, d'une manière indiquée par la loi du mouvement de la droite génératrice; donc que cette loi soit connue ou non, les quantités C & D doivent êtrecer taines fonctions de A & B.

Quant aux quantités A & B, il est clair que, si l'on suppose connue la loi du mouvement de la droite génératrice, pour un point Q donné à volonté, c'est-à-dire, pour un x & un y quelconque, on doit connoître la position de la droite EF, ou celle du plan vertical dans lequel se trouve la droite génératrice; donc les quantités A & B doivent dépendre de x & y d'une manière indiquée par la loi du mouvement, & si cette loi n'est pas énoncée, il s'ensuit au moins que les mêmes quantités sont fonctions de x & y; mais il faut que ces fonctions soient telles, que x & y puissent varier dans un certain rapport, sans que les fonctions éprouvent aucun changement de valeur; car si les coordonnées AP & PQ deviennent Ap & pq, de manière que le point Q se meuve sur la droite EF, x & y varieront, & cependant la droite EF ne changera pas de position, ni les quantités A & B, de valeurs. Dans tout autre rapport, au contraire, que x & y puissent varier, c'est-à-dire, si le point Q se transporte en q', la droite EF changera de position

& ſe tranſportera en ef; en ſorte que les quantités A & B auront toutes deux varié; il faut donc que A & B ſoient de telles fonctions de x & y qu'une même hypothèſe les rende toutes deux conſtantes ou toutes deux variables, il faut donc qu'elles ſoient de cette forme $F \cdot V$ & $f \cdot V$, la quantité V étant elle-même fonction de x & y, & pouvant devenir conſtante ſans que x & y le ſoient. Cette quantité V doit être déduite de la loi du mouvement, & ſi cette loi eſt inconnue, la valeur de la fonction V le ſera pareillement: or nous avons vu que les coëfficiens C & D ſont des fonctions de A & B; donc ils ſont auſſi des fonctions de V; donc l'équation d'une ſurface engendrée par le mouvement d'une droite, doit être telle, qu'en faiſant $y = xFV + fV$, on ait $z = x\varphi V + \psi V$.

Cela poſé, on différenciera la première, en ne faiſant varier que x, puis en ne faiſant varier que y, & l'on aura .....

$$0 = xF' \cdot V\delta V + dx FV + f' \cdot V\delta V,$$

$$\text{Et } dy = xF' \cdot V dV \ldots\ldots + f' \cdot V dV;$$

Multipliant la première par dV, la ſeconde par δV, & retranchant, on aura ....

$$-\tfrac{\delta V}{dV} = \tfrac{dx}{dy} FV;$$

Différenciant encore cette équation par rapport à x & par rapport à y, on aura ....

$$-\delta \cdot \left(\tfrac{\delta V}{dV}\right) = \tfrac{dx}{dy} F' \cdot V \delta V,$$

$$-d \cdot \left(\tfrac{\delta V}{dV}\right) = \tfrac{dx}{dy} F' V dV:$$

Enfin éliminant $F'V$, ...

$$(A) \quad dV \cdot \delta \left(\tfrac{\delta V}{dV}\right) = \delta V d \cdot \left(\tfrac{\delta V}{dV}\right),$$

Ou, ce qui revient au même, ...

$dV^2 \delta\delta V - 2\delta V dV \delta dV + \delta V^2 ddV = 0$; équation qui dit autant que la première $y = xF \cdot V + f \cdot V$, qui en eſt l'intégrale complète.

On différenciera pareillement l'autre équation $z = x\varphi \cdot V + \psi V$;

ce qui donnera . . . .

$$\delta z = x\varphi' \cdot V \delta V + dx \varphi \cdot V + \psi' V \cdot \delta V,$$

$$\text{Et } dz = x\varphi' \cdot V\, dV \cdots\cdots\cdots + \psi' V\, dV:$$

Multipliant la première par d V, la seconde δV, & retranchant, on aura . . . .

$$\delta z - dz \tfrac{\delta V}{dV} = dx\, \varphi \cdot V:$$

Différenciant encore par rapport à x & par rapport à y, on aura . . . .

$$\delta\delta z - \delta dz \left(\tfrac{\delta V}{dV}\right) - dz \delta \left(\tfrac{\delta V}{dV}\right) = dx\, \varphi' \cdot V \delta V,$$

$$\delta dz - d dz \left(\tfrac{\delta V}{dV}\right) - dz\, d \left(\tfrac{\delta V}{dV}\right) = dx\, \varphi' \cdot V dV:$$

Éliminant $\varphi' \cdot V$, on aura . . . .

$$\text{(B) } \delta\delta z - 2\delta dz \left(\tfrac{\delta V}{dV}\right) + ddz \left(\tfrac{\delta V}{dV}\right)^2 + \tfrac{dz}{dV}\left(dV \delta \cdot \left(\tfrac{\delta V}{dV}\right) - \delta V d \left(\tfrac{\delta V}{dV}\right)\right) = 0;$$

Équation qui est aussi générale que celle-ci : $z = x\varphi \cdot V + \psi V$, qui en est l'intégrale finie & complète ; donc, à la place des deux équations $z = x\varphi \cdot V + \psi \cdot V$ & $y = x F \cdot V + f V$, on peut substituer (A) & (B), & l'équation à laquelle ces deux-ci satisferont en même-tems, sera celle des surfaces engendrées par le mouvement d'une ligne droite.

Or l'équation (A) fait évanouir le dernier terme de (B), on aura donc . . . .

$$\text{(C) } \delta\delta z - 2\delta dz \left(\tfrac{\delta V}{dV}\right) + ddz \left(\tfrac{\delta V}{dV}\right)^2 = 0;$$

Ou, parce que l'on a trouvé plus haut $-\frac{\delta V}{dV} = \frac{dx}{dy} F \cdot V$, ...

$$\text{(D) } \frac{\delta\delta z}{dx^2} + 2F \cdot V \frac{\delta dz}{dx dy} + (FV)^2 \frac{ddz}{dy^2} = 0;$$

Équation qui satisfait à la question, mais qui renferme encore $F \cdot V$, qu'il faut éliminer.

Pour cela, soit résolue l'équation (D), qui donnera . . . .

$$FV = \frac{-\frac{\delta dz}{dx dy} + \sqrt{\left(\left(\frac{\delta dz}{dx dy}\right)^2 - \frac{\delta\delta z ddz}{dx^2 dy}\right)}}{\frac{ddz}{dy^2}},$$

Ou, en faisant $(\delta dz)^2 - \delta\delta z\, ddz = \omega$, pour abréger . . . . .

$$\frac{dx}{dy} FV = \frac{-\delta dz + \sqrt{\omega}}{ddz};$$

Et soit différenciée cette équation par rapport à x, puis par rapport à y; ce qui donnera ....

$$\frac{dx}{dy}F'\cdot V\cdot\delta V=\delta\cdot\frac{-\delta dz+V\omega}{ddz},$$

$$\text{Et } \frac{dx}{dy}F'\cdot V\; dV=d\cdot\frac{-\delta dz+V\omega}{ddz};$$

Divisant l'une par l'autre, on trouvera ....

$$\frac{\delta l\left(\frac{-\delta dz+V\omega}{ddz}\right)}{d\cdot\left(\frac{-\delta dz+V\omega}{ddz}\right)}=\frac{\delta V}{dV}=-\frac{dx}{dy}FV=-\left(\frac{-\delta dz+V\omega}{ddz}\right),$$

D'où l'on tirera, pour équation demandée, des surfaces engendrées par le mouvement d'une droite ....

$$2\delta l\left(\frac{-\delta dz+V\omega}{ddz}\right)+d\left(\frac{-\delta dz+V\omega}{ddz}\right)^2=0.$$

Remarque première.

L'équation différentielle que l'on vient de trouver, n'est pas plus générale que les deux équations ....

$$z=x\varphi\cdot V+\psi\cdot V,$$

$$\text{Et } y=xF\cdot V+f\cdot V,$$

Desquelles on est parti, & qui en sont l'intégrale finie & complète. Pour le démontrer, faisons, pour abréger, ...

$$\frac{-\delta dz+V\omega}{ddz}=K\frac{dx}{dy},$$

Et l'équation différentielle deviendra ....

$$\frac{\delta K}{dx}+K\frac{dK}{dy}=0.$$

Soit actuellement $\frac{dK}{dy}=\Pi$, on aura $dK=\Pi dy$, & $\delta K=-K\Pi dx$; ajoutant ces deux équations, l'on aura $dK=\Pi(dy-Kdx)$, ou $\frac{1}{\Pi}dK=dy-Kdx$. Si l'on retranche, de part & d'autre, $x\,dK$, on aura ....

$$\left(\frac{1}{\Pi}-x\right)dK=dy-d(Kx),$$

Dont l'intégrale complète est ....

$$y=Kx+F\cdot K.$$

Reprenons actuellement l'équation $\frac{-\delta dz+V\omega}{ddz}=K\frac{dx}{dy}$, qui donne,

en mettant, pour ω, sa valeur, & faisant disparoître le radical . . . .

$$K^2 \frac{ddz}{dy^2} + 2K \frac{\delta dz}{dx dy} + \frac{\delta\delta z}{dx^2} = 0;$$

Et soit fait, dans cette équation, $\frac{\delta\delta z}{dx^2} + K\frac{\delta dz}{dx dy} = R$, on aura . . .

$$\frac{\delta\delta z}{dx} + K\frac{\delta dz}{dy} = R dx,$$

$$\text{Et } K d\cdot\frac{\delta z}{dx} + K^2 d\frac{dz}{dy} = -R dy;$$

Multipliant la première par K, & ajoutant la seconde, on aura

$$d\cdot\frac{\delta z}{dx} + K d\cdot\frac{dz}{dy} = \frac{-R}{K}(dy - K dx);$$

Mais nous avons trouvé précédemment $dy - K dx = \frac{dK}{\Pi}$: on aura donc . . . .

$$d\cdot\frac{\delta z}{dx} + K d\cdot\frac{dz}{dy} = -\frac{R dK}{K\Pi};$$

Enfin, ajoutant de part & d'autre $\frac{dz}{dy} dK$, il viendra, ...

$$d\cdot\frac{\delta z}{dx} + K d\cdot\frac{dz}{dy} + \frac{dz}{dy} dK = \left(\frac{dz}{dy} - \frac{R}{K\Pi}\right) dK;$$

Équation dont le premier membre est différentielle complète; & qui ne peut appartenir à quelque chose de réel, à moins que le second ne le soit pareillement, & que l'on n'ait par conséquent, pour son intégrale complète $\frac{\delta z}{dx} + K\frac{dz}{dy} = \varphi K$, qui sera aussi l'intégrale première & complète de la proposée.

Pour intégrer de nouveau cette équation, soit fait $\frac{dz}{dy} = S$; ce qui donnera $dz = S dy$ & $\delta z = \varphi\cdot K dx - KS dx$, on aura, en ajoutant . . . .

$$dz = \varphi\cdot K dx + S(dy - K dx);$$

Ou, parce que l'on a $dy - K dx = \frac{dK}{\Pi}$, ...

$$dz = \varphi K dx + \frac{S dK}{\Pi};$$

Ou enfin . . . .

$$dz = \varphi\cdot K dx + x\varphi' K dK + \left(\frac{S}{\Pi} - x\varphi' K\right) dK,$$

Qui ne peut avoir lieu sans être différentielle complète, ou sans que le coëfficient de dK ne soit fonction de K, on aura donc,

pour

pour intégrale seconde & complète de la proposée, ...

$$z = x\varphi K + \psi K,$$

Pourvu que l'on ait, comme nous l'avons supposé .... $dy - Kdx = \frac{dK}{\pi}$, ou son intégrale ....

$$y = Kx + F \cdot K.$$

Ces équations sont celles d'où nous sommes partis; donc l'équation différentielle, que nous avons trouvée, exprime précisément qu'une surface est engendrée par le mouvement d'une ligne droite.

REMARQUE II.

On pourroit objecter, contre la généralité de notre équation, que toute surface composée de lignes droites, peut aussi être regardée comme engendrée par les continuelles intersections de deux plans mobiles, suivant des loix indépendantes l'une de l'autre, que les équations de ces deux plans ne peuvent être que de la forme ....

$$(E)\quad z = x\varphi \cdot V + y\psi V + \Pi \cdot V,$$

$$Et\,(F)\quad z = x F V + yf \cdot V + \mathrm{f} \cdot V,$$

Et que les fonctions φ, ψ, Π, F, f & f ne peuvent dépendre que des loix que suivent les plans dans leurs mouvemens, l'équation aux différences partielles satisfaite par ces deux équations, doit être du sixième ordre. Je réponds à cela, que la proposition, qui énonce que les deux équations (E) & (F), doivent être satisfaites par l'équation demandée, contient des rapports nécessaires entre les fonctions & la quantité V, & que ces rapports sont en nombre suffisant pour abaisser l'équation à l'ordre que nous avons trouvé.

Soient, en effet, prises les équations aux différences partielles du second ordre des deux équations (E) & (F), on trouvera, pour

la première . . . .

(G) $\delta\delta z - 2\frac{\delta V}{dV}\delta dz + \frac{\delta V^2}{dV^2}ddz = (\psi \cdot V\, dy - dz)\left(\frac{\delta V}{dV}d\cdot\left(\frac{\delta V}{dV}\right) - \delta\left(\frac{\delta V}{dV}\right)\right)$;

Et, pour la seconde, ...

(H) $\delta\delta z - 2\frac{\delta V}{dV}\delta dz + \frac{\delta V^2}{dV^2}ddz = (f\cdot V\, dy - dz)\left(\frac{\delta V}{dV}d\left(\frac{\delta V}{dV}\right) - \delta\left(\frac{\delta V}{dV}\right)\right)$.

Or ces deux équations étant de la même généralité que leurs intégrales complètes, (E) & (F) doivent également avoir lieu en même-tems dans l'équation des surfaces engendrées par le mouvement d'une droite, il faut donc que les seconds membres soient égaux entr'eux, ce qui donnera les deux équations . . . . .

$$\frac{\delta V}{dV}d\cdot\left(\frac{\delta V}{dV}\right) = \delta\left(\frac{\delta V}{dV}\right),$$

Et $\psi\cdot V = f\cdot V$.

La première est la même que l'équation (A) du Problême précédent; & substituée dans (G) & (H), elle les réduit à $\delta\delta z - 2\frac{\delta V}{dV}\delta dz + \frac{\delta V^2}{dV^2}ddz = 0$, qui est l'équation (B) du même Problême; donc les deux équations (E) & (F) ne peuvent être satisfaites par une même équation, autre que celle que nous avons trouvée. Quant à l'équation $\psi V = f V$, & aux autres $\phi V = FV$ & $\Pi\cdot V = \mathrm{f}\cdot V$ qu'on trouve pareillement, suivant que l'on élimine les coëfficiens de x ou ceux de y, elles indiquent que la seconde condition est trop générale, qu'elle peut même être supprimée, parce qu'on lui substitue celle qui est exprimée par l'équation (A); c'est-à-dire, que les deux équations . . . .

$$z = x\phi\cdot V + y\psi\cdot V + \Pi\cdot V,$$

$$\frac{\delta V}{dV}d\left(\frac{\delta V}{dV}\right) = \delta\left(\frac{\delta V}{dV}\right),$$

Appartiennent à toutes les surfaces engendrées par le mouvement d'une droite, ou par la continuelle intersection de deux plans mobiles.

S'il restoit encore quelques doutes sur cette matière, le Problême suivant, qui ne contient que des considérations géométriques, les leveroit amplement.

COROLLAIRE PREMIER.

Les ſurfaces développables étant engendrées par le mouvement d'une droite, leur équation générale $\delta\delta z\, ddz = (\delta dz)^2$, doit ſatisfaire à celle qu'on a trouvée dans le Problême précédent: c'eſt auſſi ce que l'on trouve; car alors on a $\omega = 0$, & l'équation ſe réduit à $2\delta \cdot \frac{\delta dz}{ddz} = d\left(\frac{\delta dz}{ddz}\right)^2$, ou $\delta \cdot \frac{\delta dz}{ddz} = \frac{\delta dz}{ddz} d \cdot \frac{\delta\delta z}{\delta dz}$, que l'équation $\omega = 0$ rend identique, comme on peut s'en aſſurer en effectuant la différenciation.

COROLLAIRE II.

Il ſuit de-là que le caractère auquel on reconnoîtra l'équation d'une ſurface gauche, eſt qu'elle ſatisfaſſe à ......

$$2\delta\left(\frac{-\delta dz+\sqrt{((\delta dz)^2-\delta\delta z\, ddz)}}{ddz}\right)+d\left(\frac{-\delta dz+\sqrt{((\delta dz)^2-\delta\delta z\, ddz)}}{ddz}\right)^2=0;$$

Et qu'elle ne ſatisfaſſe pas à ....

$$\delta\delta z\, ddz = (\delta dz)^2.$$

PROBLÊME XIII.

Conſtruire les deux équations ſimultanées $z = x\varphi \cdot V + \psi \cdot V$ *&* $y = xF \cdot V + V$, *dans leſquelles on ne connoît ni la quantité* V, *ni les formes de fonctions* φ, ψ *&* F, *de manière que la ſurface qui en ſera le lieu géométrique, paſſe par trois courbes à double courbure, continues ou diſcontinues, mais données dans l'eſpace.*

Ou, ce qui revient au même, trois courbes quelconques étant données, conſtruire une ſurface courbe engendrée par le mouvement d'une ligne droite, & qui paſſe par ces trois courbes.

SOLUTION.

Soient BAC & CAD les deux plans, l'un horizontal & l'autre vertical, auxquels on rapporte tout ce qui eſt dans l'eſpace *Fig. 5.*

par des projections orthogonales. Soient EFRS, GNH & ITKL les trois courbes à double courbure, continues ou discontinues, de manière que E′F′R′S′ & E*f r s* soient les projections données de la première, G′O′H″H′ & GVX les projections données de la seconde, I′T′K′L′ & I*t k l* les projections données de la troisième. Soit pris arbitrairement un point Q correspondant aux coordonnées AP & PQ prises à volonté, & soit menée par le point Q une verticale QM; enfin soit M le point où cette droite coupe la surface demandée, il est évident que la question est réduite à construire la droite QM.

Pour le faire, soit menée sur le plan horizontal, & par le point Q, une droite quelconque F′QL′, qui coupera les trois courbes de projections horizontales aux points F′H′L′, par lesquels soient imaginées trois verticales F′F, H′H, L′L, prolongées jusqu'à ce qu'elles coupent chacune la courbe à double courbure correspondante quelque part en un point qui soit F pour la première, H pour la seconde & L pour la troisième; soit menée la droite FL, qui coupera la verticale H′H quelque part en un point α. Il est évident que les trois verticales qu'on vient de mener, la verticale QM, la droite FL & sa projection horizontale F′L′ sont dans un même plan vertical; que de plus, si les points H & α ne faisoient qu'un seul & même point, la droite FL passeroit à-la-fois par les trois courbes données, & seroit par conséquent une des positions de la droite génératrice de la surface demandée: le point M′ où cette droite coupe la verticale QM, seroit un point de la surface; & QM′ l'ordonnée demandée. Soit projeté sur le plan vertical tout ce qu'on vient d'imaginer, & pour cela soient abaissées sur AC, & des points F′H′L′, les perpendiculaires F′*f*′, H′P′, L′*l*′, & par les points de rencontre f′ P′ *l*′, soient élevées des verticales prolongées jusqu'à ce qu'elles coupent chacune la projection de la courbe correspondante; ces verticales f′f, P′*h*, *l*′*l*, seront les projections des ordonnées F′F, H′H, L′L, & si l'on mène la droite f*l*, on aura la projection FL, & le point *h*′ où elle coupera la verticale P′*h* sera celle du point α: ainsi,

d'après ce que je viens de dire, si les points h & h' se confondoient, ou que le point h' tombât sur la courbe GVX, la droite f l seroit la projection de la droite génératrice, lorsqu'elle passe par l'ordonnée demandée, dont Pm' seroit la projection verticale. Mais il peut arriver, & c'est ce que l'on doit supposer, que les points α & H ou leurs projections h' & h ne se confondent pas; dans cette hypothèse, soit remarqué le point h', & par le point Q, soit menée une nouvelle droite R'K' pour laquelle on répétera les mêmes opérations qu'on a faites pour la droite F'L'; c'est-à-dire, que par les points R', H'' & K', dans lesquels cette droite coupe les trois projections horizontales des droites données, on abaissera sur AC, des perpendiculaires R'r', H''P'', K'k', qui détermineront les points r'P''k', par lesquels on élevera les verticales $r'r$, P''v, $k'k$, qui couperont les trois projections verticales aux points r, v, & k: on menera la droite rk, qui rencontrera P''v quelque part, en un point h'', que je suppose n'être pas encore sur la courbe GVX, ni se confondre avec le point v: si par la suite de tous les points h', h'', &c. ainsi déterminés, on fait passer une courbe Y$h'h''$, &c. elle coupera GVX quelque part, en un point V, par lequel on abaissera la verticale VP''', qui déterminera sur AC un point P''', par lequel on lui menera, dans le plan horizontal, une perpendiculaire P'''O, qui coupera la courbe G'OH' en un point O: enfin, si par le point O & le point Q, on mène une droite S'T', on aura la projection horizontale de la droite génératrice, lorsqu'elle passe par l'ordonnée QM.

Par les points S' & T', où cette droite coupe les courbes E'F'S' & I'T'K'L', on abaissera sur AC des perpendiculaires S's', T't', qui donneront les points s' & t', par lesquels on menera aux projections verticales correspondantes les ordonnées $s's$, $t't$, & l'on menera la droite st: je dis que cette droite coupera la verticale P''V & la courbe GVX, dans le même point V, ce qui est évident par la construction, & que par conséquent elle sera la projection verticale de la

droite génératrice, lorſqu'elle paſſe par l'ordonnée demandée; d'où il ſuit que le point m, où elle coupera la verticale Pm', ſera la projection verticale du point demandé de la ſurface: Donc, ſi l'on fait $QM = Pm$, le point M ſera ſur la ſurface.

REMARQUE.

Cette conſtruction n'eſt pas ſi compliquée qu'elle le paroît au premier coup-d'œil; car, quoiqu'il faille conſtruire une courbe $Yh'h'V$ pour déterminer le point M, il faut cependant obſerver que cette courbe, une fois conſtruite, donne toutes les ordonnées correſpondantes à tous les points Q qui ſe trouvent ſur la droite $S'T$: ainſi, par exemple, le point q étant pris ſur la droite $S'T'$, & répondant aux coordonnées $A\pi$ & πq, ſi l'on veut trouver l'ordonnée correſpondante $q\mu$, on n'a qu'à élever par le point π une verticale $\pi\mu'$, qu'on prolongera juſqu'à ce qu'elle coupe la droite St quelque part en un point μ' & faire $q\mu = \pi\mu'$, & le point μ ſera encore dans la ſurface. Si le point q étoit, à la vérité, pris ailleurs que ſur la droite $S'T'$, il faudroit conſtruire une nouvelle courbe $Yh'h'V$, qui ſerviroit elle-même à une infinité d'autres points.

COROLLAIRE.

Dans la conſtruction précédente, on n'a pas ſuppoſé que la nature des courbes données, fût expreſſible analytiquement: ainſi, quelques puiſſent être les courbes, qu'elles ſoient continues ou diſcontinues, pourvu que leurs projections horizontales & verticales (tracées au haſard, ou ſoumiſes à des loix) ſoient données, la conſtruction précédente aura toujours lieu; donc il eſt poſſible de conſtruire le lieu géométrique des équations ſimultanées . . . .

$$z = x \cdot \varphi V + \psi V,$$
$$\text{Et } y = x F V + \quad V,$$

Lors même les trois conditions auxquelles elles doivent satisfaire, ne sont pas soumises à la loi de continuité; mais on sent bien que, dans ce cas-là, l'équation de la surface construite n'est plus analytique, ou que dans les équations proposées, les fonctions φ, ψ & F sont discontinues & ne peuvent plus s'exprimer analytiquement.

Si toutes les conditions sont soumises à la loi de continuité, il est possible, en supposant la perfection de l'analyse, de trouver l'équation de la surface construite: c'est ce que je vais faire voir dans le Problême suivant, où je n'apporterai point de démonstration, parce que je ne ferai qu'y traduire en analyse les opérations géométriques du Problême précédent.

Problême XIV.

Trouver dans les équations $z = x\varphi \cdot V + \psi \cdot V$ & $y = xFV + V$ *quelle valeur il faut donner à* V, & *quelles formes doivent avoir les fonctions* φ, ψ & F, *pour que les deux équations satisfassent aux trois conditions suivantes:* . . . .

1.° Qu'en faisant $y = f \cdot x$, on ait $z = \mathrm{f} \cdot x$,
2.° Qu'en faisant $y = f' \cdot x$, on ait $z = \mathrm{f}' \cdot x$,
3.° Qu'en faisant $y = f'' \cdot x$, on ait $z = \mathrm{f}'' \cdot x$,

Les fonctions f, f', f'', f, f′ & f″ étant indépendantes les unes des autres.

Solution.

La quantité v étant une indéterminée, on posera les trois équations suivantes . . . .

$$v\,(x' - x) + y = f \cdot x',$$
$$v\,(x' - x) + y = f' \cdot x',$$
$$v\,(x' - x) + y = f'' \cdot x;$$

D'où l'on tirera, en v, x & y, les trois valeurs suivantes de x': ....

$$x' = X,$$
$$x' = X',$$
$$x' = X'':$$

On posera ensuite l'équation ....

$$f'\cdot X' = \frac{X'(f.X - f''.X'') + Xf''.X' - X'f.X}{X - X'},$$

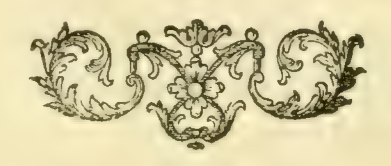
D'où l'on tirera la valeur de v en x & y, qu'on mettra dans l'équation ....

$$z = \frac{x(f.X - f''X'') + Xf''X' - X'f.X}{X - X'};$$

Et cette valeur de z sera celle qui satisfera à la question: enfin, si l'on met encore, pour v, sa valeur, dans les quatre équations, ...

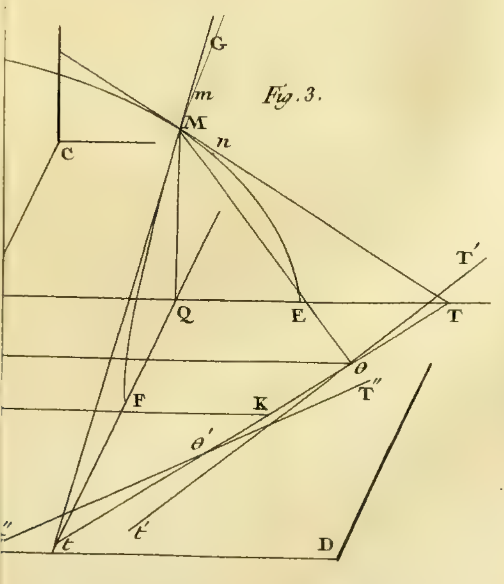
$$f'\cdot X' - vX' = V,$$
$$v = F\cdot V,$$
$$\frac{f.X - f''.X''}{X - X'} = \varphi\cdot V,$$
$$\frac{Xf''.X' - X'f.X}{X - X'} = \psi V:$$

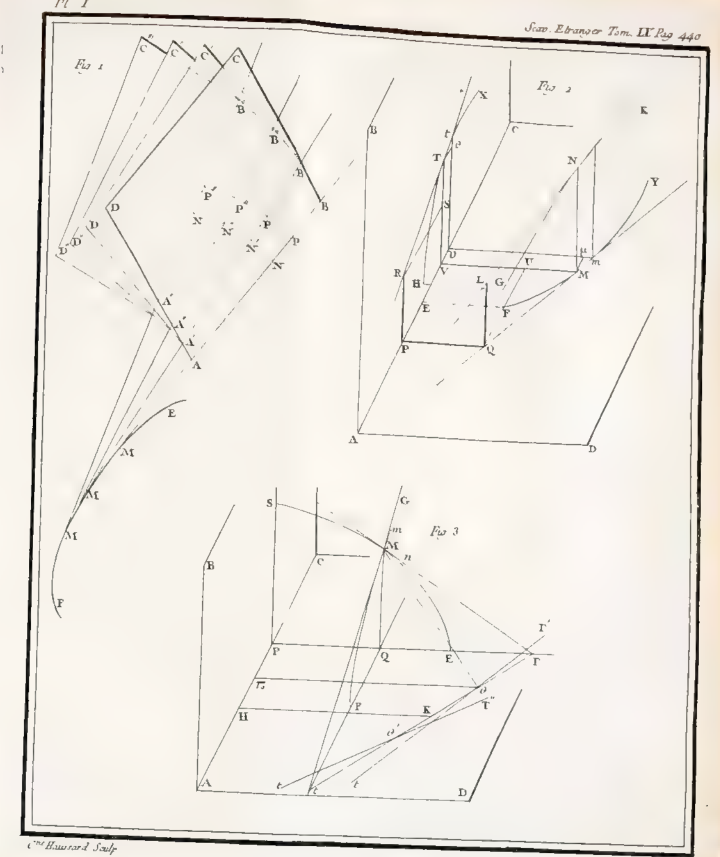
La quantité V, ainsi que les fonctions φ, ψ & F, n'auront plus rien d'indéterminé.

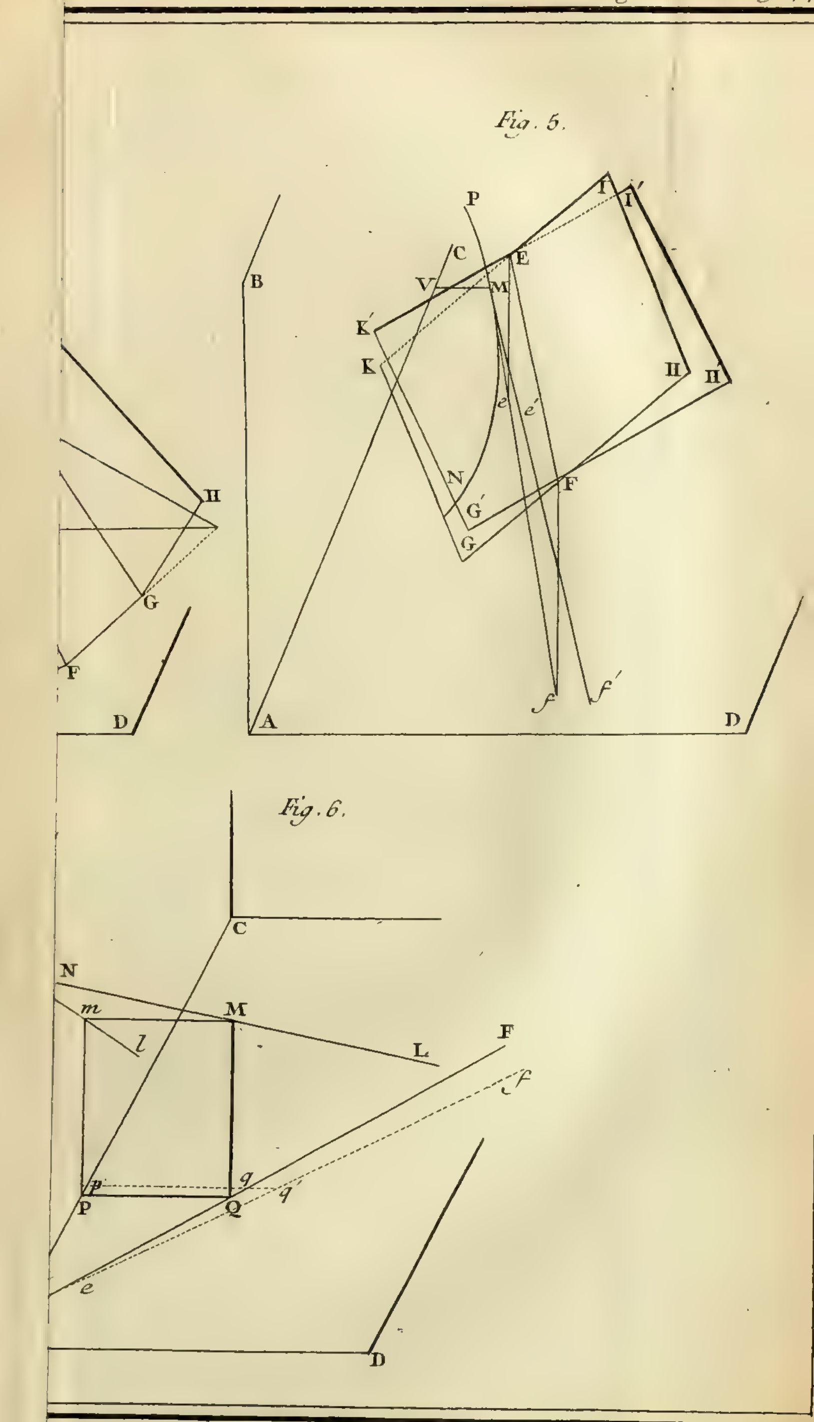


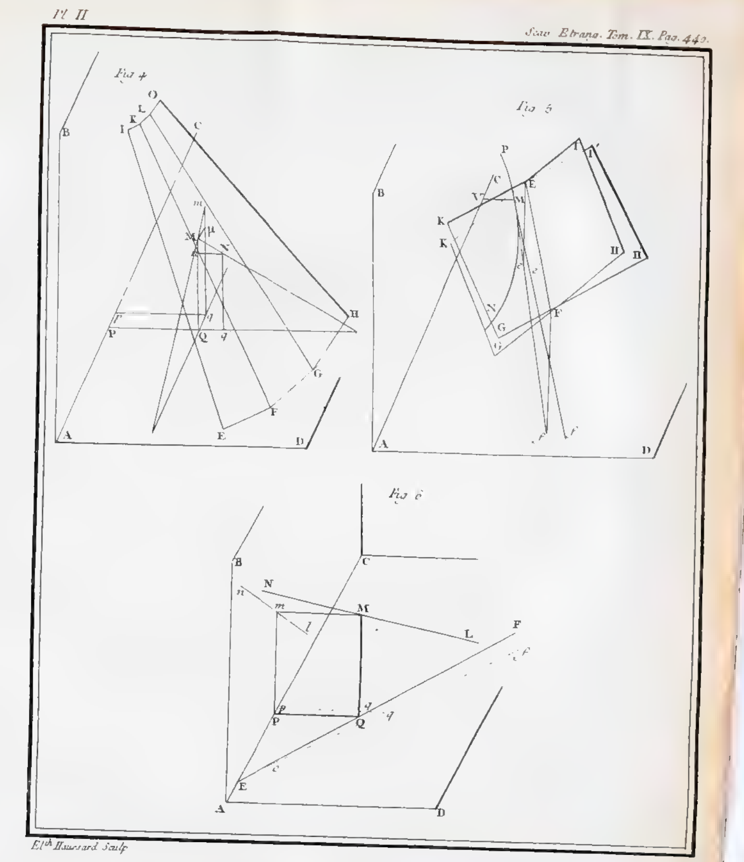
ANALYSE

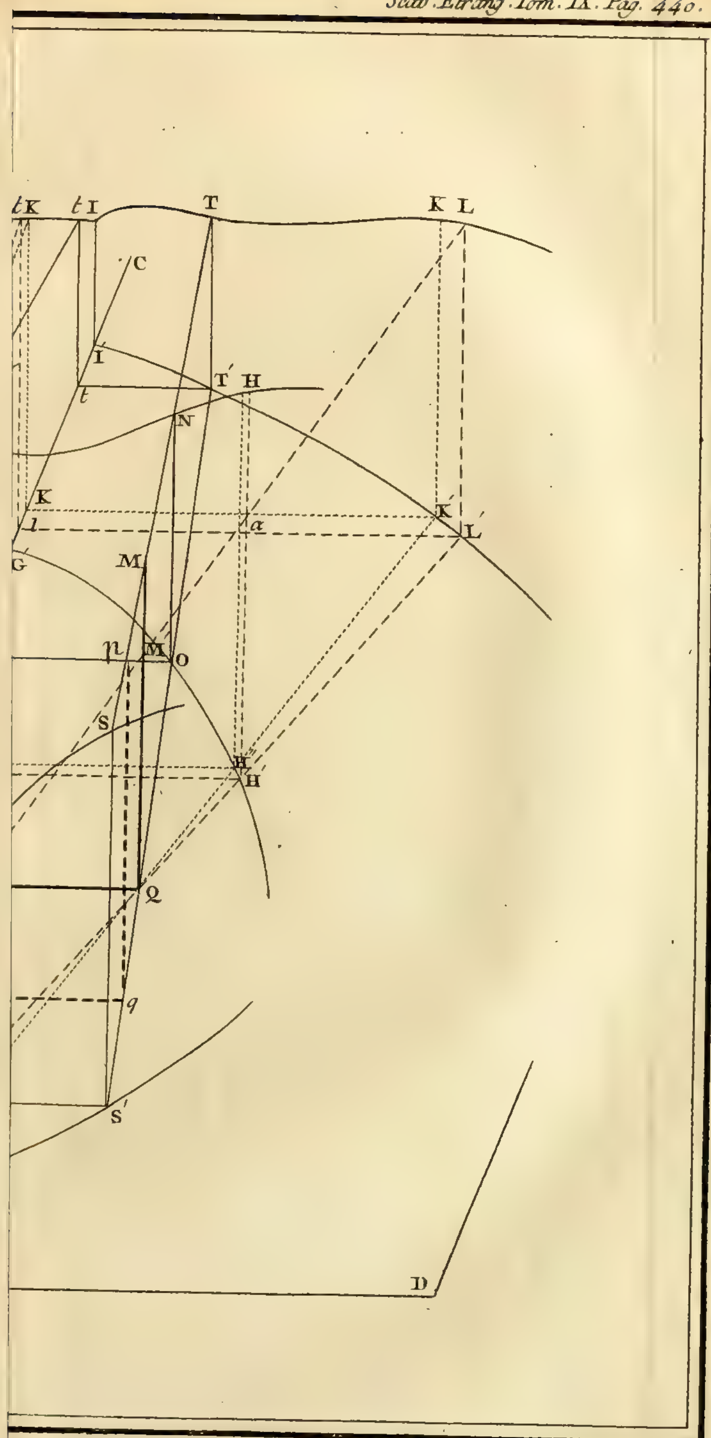
Fig. 2.




Pl. I
Sav. Etranger Tom. IX Pag. 440
Fig. 1
Fig. 2
Fig. 3
Ch. Haussard Sculp.

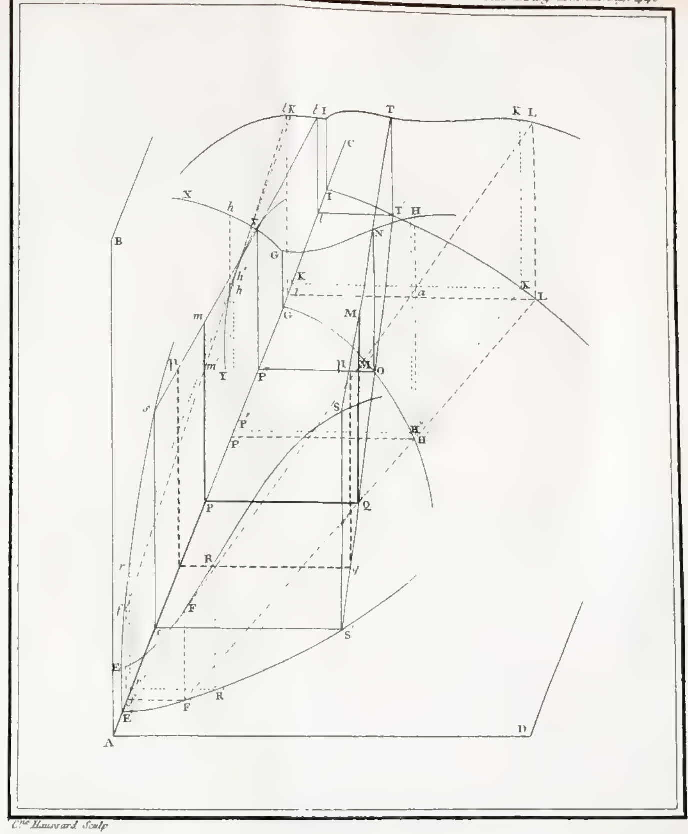

Fig. 5.
P
I
I'
C
E
B
V
M
K'
K
H
H'
e
e'
N
F
G'
G
H
G
F
D
A
f
f'
D
Fig. 6.
C
N
m
M
l
L
F
f
p
q
q'
P
Q
e
D


Pl. II
Sav. Etrang. Tom. IX. Pag. 440.
Fig. 4
Fig. 5
Fig. 6
Elth Haussard Sculp



t K
t I
T
K L
C
I
T H
t
N
K
K
l
a
L
G
M
p
M
O
S
H
H
Q
q
S
D

Pl. III



Cl.de Haussard Sculp.



ANALYSE DE LA MINE DE PLOMB BLANCHE.

Par M. LABORIE, Maître en Pharmacie.

Présentée le 5 Décembre 1772.

CE MÉMOIRE tient à un travail que j'ai entrepris ſur les Mines métalliques. Ce ſont des recherches ſur leur analyſe, & ſpécialement par la voie des menſtrues, ou diſſolvans humides. Les avantages attachés à cette voie, me font eſpérer de nouvelles lumières ſur la nature générale & particulière des Mines. J'entre avec cette confiance dans une carrière où les Chymiſtes ne ſe ſont montrés, juſques à préſent, que par un petit nombre de tentatives iſolées.

L'analyſe de la Mine de Plomb blanche commencera l'exécution de mon Plan.

L'une des formes, ſous leſquelles ſe préſente le Plomb foſſile, eſt celle de concrétions ſpathiques que l'on a diviſées par les couleurs, en pluſieurs eſpèces. La Mine de Plomb blanche, eſt une de ces eſpèces compriſes ſous le nom générique de *Mines de Plomb ſpathiques*.

Henkel & M. *Vallerius* les regardent comme des Mines de Plomb arſenicales. M. *Sage* ſoutient que le Plomb y eſt minéraliſé par l'acide marin. *Cronſtedt* n'y admet que du Plomb dans l'état de chaux.

Telle eſt une Queſtion que nous nous propoſons de décider par rapport à la Mine de Plomb blanche.

Celle ſur laquelle j'opère, me venoit des Mines de Pou-

laouen, en Bretagne. Elle eſt en aſſez gros cryſtaux de forme priſmatique irrégulièrement ſtries dans leur longueur, d'un blanc de nacre, demi-tranſparent, qui m'ont donné au quintal 80 livres de Plomb tenant un peu d'argent.

M. *Vallerius* a avancé que la Mine de Plomb blanche ne ſe diſſout point par l'eau forte; il eſt dit ailleurs, qu'elle n'eſt ſoluble qu'en partie par l'eſprit-de-nitre & l'acide marin. L'Expérience m'apprend le contraire; je la trouve parfaitement ſoluble par tous les acides; & voici le tableau de leur action obſervée ſur cette mine réduite ſeulement en fragmens & non pas en poudre.

L'huile de vitriol & la mine, à froid, ſont reſtés ſans aucun mouvement ſenſible. A l'aide d'un peu de chaleur l'effervescence ſurvient, & la diſſolution s'opere. Dans le commencement ſur tout elle répand une vapeur qui a l'odeur d'*Hepar.*

L'acide nitreux & l'eſprit de ſel n'eurent pas ſitôt touché la Mine, que ſa diſſolution s'annonça par le ſigne ordinaire : ce qui a pu induire en erreur ſur le compte de ces deux diſſolvans, c'eſt que ce premier mouvement de diſſolution ralenti par degrés, s'arrête; &, à n'y pas regarder de plus près, la Mine auroit aſſez l'apparence de n'y être ſoluble qu'en partie. Mais un peu de chaleur communiquée aux diſſolvans, ſuffit pour rétablir le cours d'une diſſolution qui n'eſt que ſuſpendue, à l'occaſion de ſon propre produit qui, formant croûte ſur la Mine, interrompoit ſa communication avec l'acide.

L'acide nitreux par la vivacité avec laquelle il ſaiſit la Mine, & par la quantité qu'il en peut abſorber, ſe montre le plus approprié de ſes diſſolvans. Une once d'eſprit de nitre fumant étendue de deux fois ſon poids d'eau, a été à peine ſaturée par 14 gros de Mine que je lui ai fournis ſucceſſivement & par petites parties.

L'esprit de vinaigre montra peu d'énergie. Une assez longue digestion de la Mine dans ce menstrue, n'a abouti qu'à la couvrir d'une petite couche de céruse. J'ai eu cependant une dissolution par l'esprit de vinaigre : mais une petite quantité de Mine a demandé beaucoup d'acide; il m'a fallu prendre la Mine en poudre, & entretenir le dissolvant presque bouillant.

Le produit de chacune de ces dissolutions a été un sel.

Celui de la dissolution vitriolique s'est montré sous la forme d'un *magma* salin sur lequel je versai de l'eau froide, qui en est sortie fort acide. Dans cette eau, je jetai de l'alkali fixe qui n'en précipita rien, & je reconnus que je n'enlevois qu'une portion d'acide surabondante; il me resta une matière blanche pulvérulente quand elle fut seche, presque insoluble dans l'eau même bouillante.

La dissolution, par l'acide nitreux, avoit crystallisé en partie d'elle-même, & acheva de crystalliser toute entière par l'évaporation que j'en fis. Les mieux figurés de ces crystaux sont des hexagones un peu applatis.

La dissolution, par l'acide marin, me présenta un amas de très-fines aiguilles courtes & brillantes, flottantes dans de l'acide surabondant que j'eus la facilité d'enlever par le moyen de l'eau froide. Ces petits crystaux n'étant solubles qu'à l'eau bouillante.

La dissolution, par l'acide du vinaigre, ne me donna son produit que par une évaporation poussée fort avant ; la liqueur réduite à une consistance huileuse se coagula en une masse saline composée de petites lames alongées quadrangulaires, qui sont comme les élémens d'une crystallisation parallepipède.

Ces différens sels suffisamment caractérisés par leur forme extérieure, ne peuvent être méconnus pour ce qu'ils sont. Il

eſt clair que j'ai pour tout produit les différentes combinaiſons du Plomb avec les acides; c'eſt-à-dire, un vitriol de Plomb, un nitre ſaturnin, un Plomb corné, & le ſel de Saturne des boutiques. Ainſi, le réſultat de mes Diſſolutions de Mine de Plomb blanche, ne ſe trouve pas différent de celui que m'auroit donné du Plomb diſſous dans ces mêmes acides.

N'en étoit-ce pas aſſez pour fonder un doute très-légitime ſur la minéraliſation du Plomb dans cette Mine?

Les Obſervations ſuivantes ont achevé de m'éclairer.

Si la Mine de Plomb blanche étoit arſenicale, il n'étoit pas néceſſaire d'aller chercher bien loin les moyens d'y reconnoître cette qualité. On ſait qu'une odeur ſpécifique décèle l'arſenic toutes les fois qu'on lui procure le contact du phlogiſtique embraſé. On ſait encore qu'une des propriétés de l'arſenic eſt de décompoſer le nitre, en dégageant ſon acide de ſa baſe; j'ai ſoumis la Mine à ces deux Expériences ſans en tirer le moindre indice d'arſenic : répandue ſur les charbons ardens, elle n'a donné aucune odeur. Un mélange de trois parties de Mine, & d'une de nitre, mis en diſtillation, a ſubi l'incandeſcence, & le nitre n'a point été décompoſé.

Je ſuis fâché de ne pouvoir pourſuivre ſans me trouver forcé de contredire un Chymiſte diſtingué, dont je n'attaque le ſentiment qu'en rendant à ſes talens le plus ſincère hommage.

Les Expériences que j'ai faites relativement à la partie vaporeuſe de la Mine de Plomb blanche, ne m'ont point laiſſé appercevoir l'acide marin que M. *Sage* y annonce.

Dans une cornue de verre adaptée à un récipient mouillé intérieurement d'huile de Tartre, j'ai chauffé graduellement de la Mine juſqu'à la mettre en fuſion à la fin.

Un ſel cryſtalliſé a paru ſur les parois du récipient : mais cette cryſtalliſation fort différente de celle qu'auroit affecté un ſel marin régénéré, étoit en aiguilles & non en cubes. De plus, elle tombe en *deliquium* à l'air, & il n'en reſta bientôt plus de veſtiges, après que le récipient détaché de la cornue eut reſté quelque temps ouvert. De l'acide vitriolique que j'y paſſai, n'en dégagea aucune vapeur remarquable. Si, comme il eſt vrai, les vapeurs de la Mine ont eu la propriété de faire cryſtalliſer l'huile de tartre, ce n'eſt point en qualité d'acide qu'elles opèrent ; le phénomène a une toute autre cauſe que nous allons faire connoître dans un moment.

Paſſant à une autre Expérience, indiquée par M. *Sage*, j'ai mis en diſtillation, dans une cornue, un mêlange d'un gros de Mine en poudre, & de deux gros d'huile de vitriol que j'eus ſoin de prendre bien blanche, & exempte de phlogiſtique.

Je devois trouver l'acide marin dans une vapeur que dégage de ce mêlange la première impreſſion du feu. Je le graduai en conſéquence, & à peine eus-je une douzaine de gouttes dans le récipient que je me hâtai de le retirer.

Je trouvai que la liqueur avoit l'odeur, non d'un acide marin, mais d'un acide volatil ſulfureux. De deux parts que j'en fis, l'une fut employée à précipiter une diſſolution de mercure dans l'acide nitreux, l'autre à ſaturer une quantité proportionnée d'alkali fixe.

Le précipité de mercure, en ſuppoſant que le précipitant eût été de l'acide marin, devoit être ſuſceptible de ſe convertir en ſublimé ; je tentai l'opération & n'eus point le produit. Mais le précipité prit au feu la couleur jaune qui caractériſoit un turbith minéral.

Du ſel neutre provenant de la ſaturation, je fis avec la

poudre de charbon un petit mélange, qui, mis en fusion, me donna de *l'hepar sulfuris.*

A ces traits, je reconnus qu'au-lieu de l'acide marin annoncé, je n'avois recueilli qu'une portion de l'huile vitriol invertie en acide volatil sulfureux par du phlogistique rencontré dans la Mine.

L'opinion de M. *Sage* a, d'un autre côté, le désavantage d'être combattue par les propriétés de la Mine de Plomb blanche, qui n'ont aucun rapport avec celles d'une combinaison de Plomb & d'acide marin, autrement dit Plomb corné. On en jugera par le parallèle des deux corps.

Le Plomb corné est soluble dans l'eau bouillante, & la Mine ne l'est point du tout ; je m'en suis assuré sur de la Mine réduite en poudre fine. Après une longue ébullition, je l'ai retrouvée sans diminution sensible de poids. Dans l'eau où elle avoit bouilli, je versai de la liqueur d'orpiment, qui n'en altéra, en aucune façon, la transparence; preuve qu'elle n'y rencontroit pas le moindre atome de Plomb en dissolution. Six onces d'eau dans lesquelles j'avois fait dissoudre, pour objet de comparaison, un seul grain de Plomb corné, furent troublées tout de suite par quelques gouttes de la même liqueur d'orpiment.

Le Plomb corné & les alkalis fixes ne se touchent pas sans laisser trace d'un réaction en vertu de laquelle le Plomb corné est décomposé, & l'alkali neutralisé; rien de semblable n'a lieu entre ces sels & la Mine, je l'ai fait bouillir long-tems avec de l'alkali fixe en liqueur, & je n'ai remarqué aucun changement dans l'état de l'une ni de l'autre.

Le Plomb corné n'est point soluble dans les huiles grasses, & je trouve que la Mine de Plomb blanche l'est parfaitement par ces menstrues. De deux parties d'une de ces huiles bouillantes, & d'une partie de mine réduite en poudre, il est résulté une combinaison, ayant la consistance & la

ductilité des masses emplastiques préparées avec les chaux de Plomb factices.

A l'instar de ces mêmes chaux, la Mine, prend par la calcination, diverses nuances successives de couleur; de blanche, elle devient jaune, puis rouge, & finit par se convertir en litharge à un feu plus fort. Pour le Plomb corné, il n'est susceptible, par la même voie, que de se fondre & de se volatiliser sans changer de nature.

On a vu quel degré d'activité met l'acide nitreux dans la dissolution de la Mine; cet acide se comporte au contraire avec le Plomb corné comme avec un corps dont il n'est point le dissolvant: témoin une seule goutte d'acide marin, qui tombe dans une dissolution de Plomb par l'acide nitreux. Le trouble & la précipitation qui surviennent sur-le-champ, n'annoncent-ils pas la formation d'un nouveau composé que l'acide nitreux ne peut point tenir en dissolution, & ce nouveau composé n'est autre que du Plomb corné.

Des divers éclaircissemens que nous venons de prendre, relativement à l'arsenic & à l'acide marin, il résulte évidemment que ces deux prétendues minéralisateurs sont également étrangers à la Mine de Plomb blanche, dont il nous reste à déterminer le véritable caractère.

Il est mention de quelques Mines de cette même espèce, qui sont susceptibles de se réduire d'elles-mêmes, & sans addition par la simple fusion. La nôtre a eu besoin d'un flux réductif; mais il n'en est pas moins vrai que, sous une apparence purement terreuse, le plomb y conserve la meilleure partie de son phlogistique. La preuve en est dans la manière dont la Mine est dissoute par l'acide nitreux; car on sait par l'exemple du *Minium* & du *Massicot*, que cet acide n'attaque que très-foiblement le Plomb lorsqu'il est déphlogistiqué à ce point qui constitue les chaux de Plomb proprement dites. Le phlogistique dont il est question, a été manifesté encore par

l'acide vitriolique devenu sulfureux dans l'Expérience de sa distillation avec la Mine; j'ai continué l'opération, & tout ce qui a passé d'acide étoit dans ce même état. La liqueur étoit un peu louche, &, si je ne me trompe, j'ai quelques atomes de soufre dans un petit dépôt blanchâtre que je trouve au fond du vaisseau.

Une autre Observation a pour objet la partie vaporeuse, qui unie à la substance métallique, cause le déchet notable que l'on éprouve lors de la réduction de cette Mine, dont les plus riches échantillons ne rendent pas au-delà des $\frac{9}{10}$. Je m'en prenois d'abord soit à des matières purement terreuses interposées, soit au flux réduit lui-même qui, en qualité d'alkali, pouvoit dissoudre du plomb, mais je n'avois pas encore fait la remarque essentielle, que la Mine diminuoit également de poids par la simple calcination; 60 grains de Mine calcinés en massicot furent réduits à 48. Je pris le parti de répéter l'Expérience dans une cornue adaptée & luttée à un récipient proportionné; je le vis se remplir à différentes reprises d'une vapeur humide très-expansible, que je ne pus regarder que comme de l'air & de l'eau auxquels se mêloit le phlogistique du Plomb.

J'attribue à ce phlogistique une odeur assez indécise qui reste dans le récipient, & que j'ai trouvée, tantôt tirant sur l'empireume, tantôt légèrement safranée.

C'est ici le lieu de rappeler le fait de l'huile de tartre, crystallisant à la vapeur de la Mine, & de dire que ce phénomène est dû à la portion d'air fixe qui se dégage. Ce principe s'unit volontiers aux alkalis, & les moins disposés à crystalliser en deviennent susceptibles par cette combinaison.

Cet air fixe de la Mine de Plomb blanche n'auroit-il pas très-grande part à sa crystallisation, en opérant sur la partie métallique ce que nous l'avons vu opérer sur les alkalis fixes?

Ce qui me paroît démontré, c'est que, sous l'apparence d'une

cryſtalliſation ſpathique, la mine que je viens d'analyſer n'eſt autre choſe que le Plomb combiné à une portion d'air & d'eau, laquelle fait à-peu-près un cinquième de la maſſe.

Telle eſt notre Concluſion, & elle ſe rapporte parfaitement à ce que l'on ſait de l'origine des Mines de Plomb ſpathiques. Rien de plus compliqué lorſqu'il a fallu l'accommoder aux beſoins de certaine hypothèſe : rien de plus ſimple dans le procédé de la Nature.

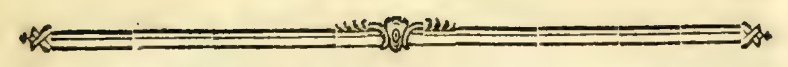
Les Mines de Plomb ſpathiques, ſont des Mines de ſeconde formation, que l'on rencontre diſperſées ſans ordre, & ſans ſuite dans les environs, & toujours aſſez près des galènes ou Mines de Plomb ſulſureuſes.

La poſition des Mines ſpâthiques, leur cryſtalliſation plus ou moins diſtincte, les font aiſément reconnoître pour l'ouvrage des eaux ſouterraines chargées de la partie métallique des galènes décompoſées.

Les galènes ſujettes à cette décompoſition ſont celles à qui il arrive d'être mêlées de parties ferrugineuſes. Tantôt c'eſt une galène qui contient du fer; tantôt c'eſt une Mine de fer qui renferme de la galène. Pour concevoir ce qui peut réſulter d'un ſemblable alliage, il ne faut que ſe rappeler l'extrême rapport en vertu duquel le ſoufre s'unit au fer par préférence à tout autre métal. Que l'eau vienne ſeconder cette tendance mutuelle, voilà le ſoufre de la galène dans le cas de former avec le fer une combinaiſon nouvelle, qui change le premier état du Plomb. Dégagé des liens de la minéraliſation, réduit à n'être plus qu'interpoſé en molécules inſenſibles dans une maſſe que le mouvement inteſtin a ouverte de toutes parts, ce métal n'attend qu'un véhicule convenable pour aller ſe dépoſer ailleurs, & donner naiſſance aux Mines ſpathiques.

Leur commune origine donne lieu de présumer que les autres espèces ne diffèrent de la blanche, que par le mêlange accidentel d'une matière colorante probablement ferrugineuse. C'est sur quoi des Expériences ultérieures nous procureront les éclaircissemens nécessaires.





MÉMOIRE
SUR
LES MINES DE LA NORWÈGE.

Par M. JARS.

LES RECHERCHES que j'ai l'honneur de vous présenter aujourd'hui, Messieurs, ont pour objet les fameuses Mines d'argent de Kongsberg, je les ai rassemblées de concert avec feû mon Frère, de l'Académie des Sciences, dans le cours du voyage que nous fîmes en Norwège, en l'année 1767 : pour rendre plus intelligible ce que j'ai à dire, je crois devoir, auparavant, donner une idée générale des autres Mines de ce Royaume, & de ce qui concerne leur administration. Présenté le 27 Mai 1772.

Il paroît hors de doute que les Mines de la Norwège étoient découvertes dans le quatorzième siècle, puisque, par une Lettre de la Reine Marguerite au Roi Eric de Poméranie, datée de l'an 1397, elle lui défend de permettre aux particuliers d'exploiter des Mines ; ce qui suppose des découvertes antérieures.

En 1515, le Roi Christian II fit venir de Suède des Ouvriers pour découvrir des Mines, ils en trouvèrent en effet, &, en 1539, Christian III en fit travailler. Depuis cette époque & par la succession des tems, ces découvertes se sont multipliées, les unes ont été suivies, & d'autres abandonnées ; il en reste néanmoins une grande quantité en exploitation, qui font non-seulement la richesse du Pays & le bien des Sujets, mais encore un avantage réel au Souverain, par le produit des matières que le Royaume fournit à l'Etranger.

On exploite en Norwège principalement des Mines de fer & de cuivre; les plus considérables de ces dernières sont situées dans le Gouvernement de Dromthein, & particulièrement la Mine de *Reuras*, à 150 lieues au Nord de Kongsberg, renommée par sa richesse & son abondance; c'est, dit-on, un *Stockwerck* (*a*), immense ou masse minérale de pyrites cuivreuses, si près de la surface de la terre, que l'on a pu facilement y pratiquer des ouvertures assez grandes pour y faire entrer & sortir des voitures qui en transportent au-dehors les minerais; cette Mine, où plusieurs familles se sont enrichies, produit annuellement douze mille quintaux & plus de cuivre.

Toutes les Mines de métaux, à l'exception de celles d'or & d'argent, sont exploitées par des Compagnies, composées d'un nombre plus ou moins grand d'Intéressés, mais toujours divisées en 120 actions; ces Compagnies reconnoissent & dépendent de la Jurisdiction du Conseil des Mines du département, dont on en distingue deux, l'un à Dromthein, & l'autre à Kongsberg.

La plupart des Mines étant situées dans des endroits écartés, & souvent fort éloignées de ceux où l'on tient des Marchés, les Intéressés pourvoient eux-mêmes à la subsistance des Ouvriers, afin qu'ils ne soient pas obligés de perdre leur tems en s'absentant; ils achetent, pour leur propre compte, toutes les provisions qui leur sont nécessaires, ce que l'on a soin de faire dans un temps d'abondance; mais pour éviter le monopole, c'est le Conseil des Mines, qui, deux fois l'année, taxe la valeur de toutes les denrées suivant le prix courant.

Il est libre à toute Compagnie, & à tout particulier, après

(*a*) Les Allemands donnent le nom *Stockwerck*, à de la Mine que l'on trouve en masse de cinq à sept Toises d'épaisseur, dans sa largeur, & qui n'a aucune direction déterminée dans sa longueur.

toute-fois en avoir obtenu la conceſſion du Conſeil, qui ne peut la refuſer, de travailler toutes ſortes de Mines, à l'exception de celles d'or & d'argent, dont le Roi s'eſt réſervé à lui ſeul l'exploitation, & ſur les autres métaux, il lui eſt dû un droit de dixième.

Au premier qui demande une conceſſion, on accorde d'abord l'arrondiſſement qu'il deſire pour faire des recherches, & lorſqu'il a découvert un filon qu'il a deſſein d'exploiter, on lui détermine ſa conceſſion, comme cela ſe pratique en Allemagne, ou on lui donne un *Fund-Grube*; c'eſt une étendue de terrein de 42 toiſes & dix meſures de 22 toiſes, c'eſt-à-dire, cinq de chaque côté.

On lui aſſigne enſuite un circuit de pluſieurs lieues, dans lequel tous les Payſans & Habitans ſont obligés de lui fournir le bois & le charbon néceſſaires à ſon exploitation, & ce à un prix fixé par le Conſeil des Mines; de ſorte que ceux-ci ne peuvent en vendre à qui que ce ſoit, qu'à ſon refus; cet arrangement eſt d'autant plus eſſentiel, que, ſans lui, il y auroit une concurrence continuelle, qui feroit payer ces marchandiſes à un trop haut prix, & conſéquemment occaſionneroit bientôt l'abandon de l'entrepriſe: pour prévenir encore plus cet inconvénient, il eſt défendu d'avoir plus d'une Fonderie dans un arrondiſſement aſſigné, de manière que s'il arrivoit qu'une Compagnie vînt à exploiter une Mine dans celui d'une autre, ce qui eſt permis, elle ſeroit, en ce cas, obligée de chercher un autre diſtrict pour y bâtir une Fonderie, où elle feroit tranſporter ſon minerai, & pour lequel on lui donneroit également une aſſignation de bois.

Une Mine qui reſte ſix ſemaines ſans exploitation, & ſans permiſſion de la ſuſpendre, peut être travaillée par le premier qui la demande; mais, pour peu que celui qui ceſſe, ait des raiſons valables ou légitimes, il lui eſt aiſé d'obtenir du Conſeil une ſuſpenſion d'une année, ce qui fait un an & ſix

ſemaines, il y a pluſieurs Mines dans ce cas-là, ſur-tout des Mines de fer.

S'il ſurvient des difficultés entre les Intéreſſés d'une Mine, le Conſeil du département nomme, à leur réquiſition, des Députés qui ſe tranſportent ſur les lieux, aux frais de la Compagnie, pour les examiner; ils en font leur Rapport au Conſeil qui les juge : les commiſſions ſont ordinairement très-coûteuſes, attendu l'éloignement, par exemple, le Département de Kongsberg s'étend à plus de cent lieues.

Le droit du dixième, que nous avons dit que les Mines payoient à la Couronne, n'eſt pas toujours perçu en entier, ou du moins très-rarement; il eſt modifié, ſuivant les circonſtances, pour l'encouragement & le ſoutien des exploitations; les Entrepreneurs des Mines & Forges de fer de la Ville de Moſs, paient annuellement pour tout droit, cinq cens Rixdalers (*a*); la Mine de cuivre de *Numedal*, à trente lieues de Kongsberg, a été affranchie pendant dix années, ainſi que celle de *Foldal*, éloignée de cent lieues; d'autres n'ont obtenu que cinq années de franchiſe, ce que l'on prolonge ou diminue ſuivant la valeur de la Mine; après ce temps accordé par le Conſeil, avec l'approbation de la Chambre de Copenhague; on fait payer le quart, le tiers ou le total du dixieme, ſi l'on juge que la Mine puiſſe le ſupporter; telle eſt la fameuſe Mine de *Reuras*, dont nous avons parlé ci-deſſus, qui, dans l'eſpace de trois ou quatre années, a payé en droits de dixième, 30 mille Rixdalers.

(*a*) Le Rixdaler équivaut à quatre livres dix ſols, argent de France.



MINES D'ARGENT DE KONGSBERG.

PREMIÈRE PARTIE.

Leur origine, la manière dont elles ont été découvertes, comment elles ont été dirigées & exploitées, & successivement; l'état de leur administration actuelle.

A VINGT LIEUES de la Ville de Christiania, sont situées les Mines dont il s'agit, dans un pays montagneux, à trois quarts de lieues de la Ville de Kongsberg, qui leur doit sa population & son accroissement; cette dernière est bâtie dans un vallon, arrosée par la Riviere de *Lauguen*, dont le cours est parallèle à la direction des montagnes, qui renferment les veines minérales.

C'est au lieu nommé *Sandsverd*, dans le canton de Nummédal, & dans l'endroit que l'on appelle aujourd'hui *Montagne moyenne*, qu'on fit la première découverte; elle a été suivie de plusieurs autres, qui ont fondé la grande réputation de ces Mines; on en fait remonter l'époque en l'année 1623, & l'on est d'accord qu'elle est dûe à des Bergers, qui, en gardant leurs troupeaux, trouvèrent de l'argent natif qui se manifestoit au jour par filets sortans du rocher; (ce fait est aussi vraisemblable qu'il est hors de doute; la plupart des Mines que l'on exploite actuellement ont été découvertes de la même manière;) il n'en fallut pas davantage; ces indices étoient suffi-

ſans pour inviter à un examen, & pour décider bientôt l'exploitation. Le premier ſoin fut de lui donner un nom; on adopta celui du Roi, & on la nomma *Koénigs-Grube*, ou Mine *Royale*; nom qu'elle conſerve encore.

On ſongea auſſi-tôt à mettre cette Mine en valeur; pour cet effet, l'on fit venir d'Allemagne des Mineurs, & autres Ouvriers entendus dans cette partie: on commença l'exploitation aux frais de pluſieurs Particuliers, qui s'y intéreſsèrent avec l'agrément de Sa Majeſté. L'année ſuivante, en 1624, elle ſe tranſporta en perſonne ſur ces Mines: (on voit encore la pierre ſur laquelle elle dîna, elle eſt près de l'ouverture;) mais, ſe réſervant l'adminiſtration ſuprême, elle en confia la direction à un Surintendant & grand Capitaine des Mines, dont elle aſſigna les appointemens ſur le dixième qui lui appartenoit, & ordonna que les autres Officiers, qui furent jugés néceſſaires pour la régie des différens détails, ſeroient payés par la Caiſſe des Intéreſſés; Elle aſſigna auſſi une autre Mine ouverte, qui, pour lors, donnoit de belles eſpérances, pour être exploitée au profit des pauvres; elle ſubſiſte encore, & eſt appellée la *Mine des Pauvres*.

Cette exploitation ſe continua ainſi pendant près de 40 années; mais la méſintelligence s'étant miſe parmi les Intéreſſés & les Officiers des Mines, donna lieu à d'autres arrangemens. Frédéric III, informé de cette déſunion toujours préjudiciable à ces ſortes d'entrepriſes, & du bon état de la Mine, réſolut, en 1661, de rembourſer les Intéreſſés, ce qui fut exécuté.

La déſunion, qui ne ceſſoit pas parmi les Employés des Mines, & le mauvais état où elles ſe trouvèrent, déterminèrent, en 1673, Sa Majeſté à les aliéner pour la ſomme de 80 mille Rixdalers.

Les Mines firent de grands progrès pendant quelques années,

années, mais elles déchurent ensuite tellement que, faute des avances nécessaires, l'exploitation fut négligée au point, que les Ouvriers & les Officiers n'étoient plus payés; leurs plaintes parvinrent, en 1683, à Christian V, qui la reprit lui-même sous la direction d'un Officier de Mines, que l'on fit venir du Hartz.

En 1686, Sa Majesté se transporta sur les lieux, &, entre autres changemens qu'elle fit, le département des Mines fut transmis de Christiania à Kongsberg; en 1689, Elle divisa ce département en supérieur & inférieur, en forme de Collège, composé de différens Membres.

De 1686 à 1689, les choses allèrent de façon que, quoiqu'en plusieurs endroits les Mines fussent riches, la recette ne pouvoit pas suffire pour en payer les frais, & que le Roi se vit obligé, non-seulement d'accorder pour leur soutien, le dixième qui lui revenoit sur les Mines de fer, & une partie du droit d'accis sur le cuivre, mais encore d'avancer une somme de 6600 rixdalers: malgré cet avantage, les dépenses & la recette se balançoient seulement.

De plusieurs arrangemens que l'on fit, il résulta une réduction des salaires, tant des Employés que des Ouvriers, dont ils ne furent indemnisés qu'en 1699, à l'avénement de Frédéric IV.

Depuis 1689, les Mines furent dirigées de la même manière qu'on vient de le dire.

De 1705 à 1710, plusieurs Bâtimens, les machines & les conduits d'eau furent mis en état, & l'on y construisit des étangs; depuis ce tems, l'exploitation des Mines s'est faite sans interruption aux frais du Souverain, qui, comme nous l'avons dit ci-dessus, se l'est réservée à lui seul, pour toutes celles d'or & d'argent qui se découvriroient dans son Royaume. Leurs progrès ont toujours été en augmentant, quoiqu'il y ait

eu des tems où les bénéfices étoient bien médiocres; mais les découvertes qui se sont faites successivement, & particulièrement celles des Mines de *Gottés Hilf in der Noth*, & de *Jongs Knouten* les ont rendu très-importantes.

On évalue le produit annuel de toutes les Mines de ce département de 32 à 33 mille marcs d'argent.

Ces Mines sont administrées aujourd'hui par deux Conseils, que l'on distingue par *Ober-Bergamt* & *Bergamt*, qui tous deux se tiennent le Samedi matin de chaque semaine.

Dans le premier, on traite toutes les affaires majeures qui concernent l'exploitation, & aussi le résultat de celles qui ont été auparavant examinées dans le second.

Ses Officiers sont, le Capitaine des Mines, trois Conseillers & deux Assesseurs.

Le second Conseil examine toutes les affaires du détail, qui sont ensuite approuvées & décidées dans le premier; il est composé de deux Grands-Maîtres mineurs, de quatre Jurés, d'un Surveillant & de deux Géomètres; ceux-ci ne peuvent assister au premier Conseil.



SECONDE PARTIE.

Des Montagnes qui renferment les veines minérales & de la nature des unes & des autres.

La plupart des Mines comprises dans le district de la Ville de Kongsberg, sont placées au couchant de cette Ville sur le penchant d'une montagne, dont la direction est du Sud au Nord, & l'exposition à l'Orient; elle est encore dominée par d'autres élévations.

Les veines minérales que l'on y a découvert en différens tems, depuis trois quarts de lieue jusqu'à une lieue & demie de distance les unes des autres, ont donné lieu à en faire une distinction générale; on divise la Montagne en trois parties; savoir, *Obergébirg*, ou Montagne haute, *Mittelgébirg*, ou Montagne moyenne, *Untergébirg* ou Montagne basse; les Mines de cette dernière ne sont éloignées de la Ville que d'une demi-lieue.

A l'Ouest de la Montagne haute à $\frac{3}{4}$ de lieues de la moyenne, on travaille une autre veine principale; de sorte qu'il y en a quatre en exploitation.

Il convient d'expliquer encore ce que l'on entend par *Fall-band* ou *Fall-art*, qui est le nom en usage dans ces Mines, pour désigner la partie de rocher qui contient les veines d'argent natif & les matières minérales qui l'accompagnent; ainsi, l'on dit *Fall-band* de la Montagne haute, de la moyenne, &c. & en parlant de plusieurs, on s'exprime par *Fall-bender*, quant à nous, nous nommons ces parties filons principaux.

Tous les rochers en général dont cette Montagne est composée, de même que tous ceux de cette partie de la Nor-

wège, ſont très-compacts & ſi durs, que l'on eſt obligé d'avoir recours au feu pour les abattre plus facilement, & avec plus d'avantage qu'avec la poudre; ces rochers ſont formés d'une infinité de lits ou de couches, dans une poſition qui approche beaucoup de la perpendiculaire; ils conſervent la même direction qu'a la Montagne, du Nord au Sud, à peu-près parallèle à celle de la Rivière; ils varient extrêmement dans leurs couleurs, & ſont un compoſé de différentes matières intimement réunies; les uns forment un mélange de pierre à corne tirant ſur le blanc & le rouge, de quartz, ſpath & mica; ce dernier y eſt répandu en très-grande quantité, d'autres ſont preſque tout pur mica.

A-peu-près au tiers de la hauteur de la Montagne, elle préſente des lits de rocher d'une nature différente de celle des précédens, mais qui ne peut être diſtinguée que par une très-grande habitude, ils ſont auſſi très-durs & de couleur griſe, ils diffèrent en ce qu'ils renferment des matières ferrugineuſes; pluſieurs font feu avec l'acier, ſans doute par l'adhérence de quelques parties de quartz, peut-être auſſi de *feld ſpat*, *ſpatum ſcintillans*. Mais la plupart des autres rochers, ſurtout de ceux qui compoſent les filons principaux de la Montagne haute & de la moyenne, n'ont pas du tout cette propriété, de ſorte qu'on peut les enviſager comme un mélange de mica, de ſpath calcaire & d'une matière ferrugineuſe très-diviſés.

On ne remarque, dans ces lits de rochers ferrugineux, aucune épaiſſeur déterminée, elle varie même beaucoup, elle eſt dans les uns ſeulement de deux toiſes, & dans d'autres de vingt toiſes; c'eſt-à-dire, qu'il s'en trouve pluſieurs ſur une telle largeur, mais qui ſont ſéparés par ceux de la nature des premiers; c'eſt la réunion de ces lits de rocher que l'on nomme dans le pays un *Fall-band*, & que nous déſignons par un filon principal.

Ce ſont ces filons principaux, qui renferment les veines

minérales d'argent, & ce qu'il y a de particulier, c'est que celles-ci les coupent en angle droit ou aigu, de manière qu'elles sont dans une direction totalement opposée, c'est-à-dire, de l'Est à l'Ouest.

Sur une étendue d'environ 600 à 800 toises dans plusieurs endroits de leur direction; (car d'une Mine à l'autre, il y a quelquefois 50, 100, 200, & même 300 toises d'éloignement où l'on ne trouve aucun indice,) l'on compte une infinité de petites veines qui les traversent, mais dont les unes s'inclinent du côté du Nord & les autres du côté du Midi; souvent aussi elles sont si rapprochées que, sur une distance de 10 à 15 toises, on en peut compter une douzaine & plus; la proximité de ces veines, la difference dans leur inclinaison & quelquefois aussi dans leur direction, font qu'elles se croisent en longueur & souvent en profondeur; ce qui les rend alors plus abondantes au point de réunion.

Ces veines, quoique ayant leur continuité, ne produisent pas toujours du métal constamment dans le même filon, &, ce qu'il y a de plus singulier, c'est qu'elles n'en produisent jamais au-delà, quoique leur direction coupe également les lits des rochers de la Montagne. On nous a dit être certain de quelques-unes qui se prolongent à une assez longue distance, sans produire autre chose que du minerai de fer & sur-tout de la pierre d'aimant.

Dans l'épaisseur des filons principaux, les lits de rocher ne sont pas tous propres à produire des veines riches; ce qui met dans le cas de faire des travaux fort irréguliers, & de se tromper dans la poursuite des galeries, particulièrement de celles que l'on nomme *Traverses*, & qui sont faites en suivant la direction du filon principal, pour découvrir de nouvelles veines: ce n'est qu'une longue expérience qui peut apprendre, lorsqu'on ne part pas d'un filon déjà riche, quel est le lit que l'on doit préférer & que l'on pense devoir produire des minerais l'un plutôt que l'autre, encore se trompe-t-on chaque

jour: cela eſt de la dernière difficulté, principalement lorſqu'il s'agit de nouvelles découvertes; car quoiqu'il ſoit conſtant que les veines ne ſont riches & productives que dans les lits de rochers ferrugineux dont ſont compoſés les filons principaux, & que l'on ne doit les chercher que ſur ceux de cette eſpèce, il en eſt pourtant qui ne produiſent aucun métal, c'eſt ce qui fait que les recherches actuelles s'appliquent toutes ſur les principaux filons connus, & qu'on n'en entreprend d'autres qu'après que la découverte en a été bien conſtatée. La connoiſſance des véritables eſt dû ſouvent au haſard, mais bien plus à l'encouragement que le Roi de Danemarck donne à toute perſonne qui découvre des veines minérales; on a des exemples récens, que des Payſans & Ouvriers ont reçu une récompenſe depuis 30, 50, 100, juſqu'à mille rixdalers, ce qui eſt proportionné à la valeur de la découverte; il y a une Ordonnance du Roi qui porte, que la récompenſe peut s'étendre juſqu'à cette ſomme, ſi l'objet le mérite; c'eſt le Conſeil des Mines qui la fixe après une exploitation de quelques années pour mieux l'apprécier.

Pour prouver ce que nous venons de dire, on voit à la ſurface de la terre des filons principaux très-diſtincts par le rocher ferrugineux qui les compoſe, ſur leſquels on a fait des recherches en ſuivant les veines qui les traverſent; celles-ci ont bien produit un peu d'argent mêlé de ſpath, & autres matières ſemblables aux autres; mais elles n'ont pas été trouvées aſſez riches pour en continuer le travail.

A l'Occident & plus près de la Ville de Kongsberg, il y a une autre petite Montagne iſolée, voiſine de la première, ſéparée ſeulement par un vallon. Quoique la diſpoſition de ſes lits de rocher ſoit la même, & leur direction également du Nord au Sud, on n'y a trouvé, juſqu'à préſent, aucun filon qui fût reconnu propre à produire des veines riches.

Dans la Montagne, à l'Eſt de ladite Ville & expoſée à l'Oueſt, on a bien découvert & même exploité des filons principaux,

parallèles aux premiers, qui contiennent des veines riches; mais celles même qui ont été très-abondantes, n'ont eu que très-peu de ſuite.

Sur l'étendue de chacun des deux filons principaux de la Montagne moyenne & de la Montagne baſſe ou inférieure, que nous eſtimons d'environ trois lieues, on a ouvert en différens tems pluſieurs Mines; lors de notre ſéjour à Kongsberg, on en comptoit ſur le premier dix en exploitation, & quatorze ſur le ſecond, indépendamment de ſept à huit recherches où l'on travailloit du côté du Nord, qui produiſoient toutes un peu d'argent.

C'eſt ici le cas d'obſerver que ces deux filons principaux, qui ſont les plus anciennement connus, ont une continuité du côté du Nord d'environ une lieue au-delà des Mines, qui n'eſt pas par-tout la même en épaiſſeur, puiſque celle-ci diminue inſenſiblement, au point qu'ils ſe réuniſſent l'un à l'autre & qu'on ne les diſtingue plus : on attribue la cauſe de cette interruption à un vallon profond, qui ſépare cette Montagne entièrement d'une autre, où l'on croit les avoir retrouvés dans les recherches dont nous avons fait mention ci-deſſus. Elles ſont à-peu-près ſur la même direction, le minerai & les matières qui l'accompagnent, ſont de la même eſpèce; l'on compte environ deux lieues de diſtance de cette Montagne à l'autre.

Du côté du Midi, au contraire, les lits de rochers ne paroiſſent être que de la pierre à chaux, que l'on apperçoit peu-à-peu les recouvrir, ſur-tout dans le filon de la Montagne inférieure; on ignore s'ils ont leur ſuite intérieurement, ou s'ils ſont entièrement coupés par cette pierre-à-chaux, l'un d'eux produit au-delà des veines d'argent, de la pyrite martiale & auſſi de la cuivreuſe.

Dans le filon principal de la Montagne baſſe, & ſur ſa direction, l'expérience a montré & prouve tous les jours, qu'au-

dessous du niveau du lit de la Rivière & de 80 toises depuis la surface de la terre, les veines minérales ne produisent plus; nous en excepterons néanmoins la Mine dénommée *Alte seegen Gottés*, qui, à la profondeur de près de 300 toises, fournit encore des minerais de toute espèce, mais c'est l'unique qui soit dans ce cas; car toutes les autres suivent la régle ci-dessus, & l'on ne continue l'exploitation que par pure curiosité, son produit n'étant pas à-beaucoup-près suffisant pour payer les frais immenses qu'on est obligé de faire pour l'extraction des matières & pour son soutien.

Il résulte de cette dernière observation, que les filons principaux, supérieurs à celui-ci, comme étant beaucoup plus élevés, donnent de grandes espérances pour l'avenir; leur différence de hauteur ajoutée aux 80 toises ci-dessus, amène déjà une très-grande profondeur, & si l'on veut y comprendre celui de la Montagne haute, il y a tout lieu de se flatter que ces Mines feront de plus en plus des progrès; cependant il n'en faut pas conclure que ces filons produiront toujours en approfondissant: car on a l'exemple de plusieurs Mines où les veines se sont appauvries au point de ne plus mériter l'exploitation.

Nous avons dit que les veines minérales renfermées dans les filons principaux, étoient fort étroites; il est rare qu'elles aient au-dessus d'un pied d'épaisseur, elle n'est très-souvent que d'un pouce & même de quelques lignes; ces veines ne produisent généralement point d'argent minéralisé, si l'on en excepte quelques morceaux de Mines d'argent vitreuse que le hasard fait rencontrer quelquefois, encore moins de la Mine d'argent rouge, mais toujours de l'argent vierge ou natif, extrêmement varie dans ses configurations; elles sont remplies de différentes matières pierreuses, qui servent comme de matrice à ce métal, & forment un composé de spath calcaire, d'un autre fusible couleur d'améthiste, d'un spath verdâtre, & d'un autre encore d'un blanc transparent ressemblant assez à une sélenite,

nite, & ſouvent recouvert de cuir foſſile ou de Montagne, qui tous ſont unis à de l'argent vierge & en contiennent eux-mêmes; ce métal ſe trouve encore dans un rocher de couleur griſe, qui pourroit être regardé comme le toit & le mur deſdits filons; on le rencontre auſſi, mais plus rarement, avec du mica.

Dans tout ce mêlange, on n'apperçoit aucune partie de quartz, mais bien dans les filons principaux, où l'on trouve même de la pyrite riche en argent, dans laquelle ce métal ſe manifeſte quelquefois, & où l'on voit des cryſtalliſations de ſpath & de quartz; ce dernier reſſemblant à du cryſtal de roche, ces filons contiennent auſſi de la blende.

L'argent eſt toujours maſſif dans le rocher & preſque pur; c'eſt-à-dire, avec peu de mêlange, il s'en extrait des morceaux de différentes groſſeurs & poids; pluſieurs fois on en a détaché qui peſoient depuis 20 juſqu'à 80 marcs.

Dans la principale Mine de *Gottés hilf in der Noth*; ſituée ſur le filon de la Montagne moyenne, que nous avons viſité juſqu'à ſa profondeur de 140 toiſes, & qui eſt une des plus riches de ce département, on trouva, il y a près de ſept années, à 135 toiſes au-deſſous de la ſurface de la terre, un ſeul morceau d'argent vierge preſque pur, qui peſoit 419 marcs; on en fit l'eſſai ſur quelques échantillons, qui étoient au titre de 15 loths, 14 grains; 16 loths de fin ſont en Norvège, comme 12 deniers en France.

Dans le Cabinet de curioſités naturelles de Copenhague; appartenant à Sa Majeſté, on en voit une pièce d'environ quatre pieds de longueur accompagnée des différens rochers, que l'on eſtime valoir 15,000 liv.

Cependant la forme la plus commune où l'on trouve ce métal, eſt celle d'un fil plus ou moins gros, prenant toutes ſortes de courbes & figures, quelques-uns ont un pied & plus

de longueur; d'autres ont la fineſſe des cheveux ſeuls ou réunis enſemble en grande quantité, par un ſeul point d'où ils partent, mais ordinairement mêlés à du ſpath ou du rocher; d'autres encore forment différentes branches de ramifications de diverſes groſſeurs, dont la blancheur & le brillant annonce toute la pureté du métal lorſqu'il eſt affiné.

On en trouve auſſi en feuilles ou lames; c'eſt communément à travers ou entre les lits d'un rocher gris ſchiſteux, de manière que, dans un de ces morceaux qui pourroit avoir trois à quatre pouces d'épaiſſeur, on rencontre quelquefois une, deux & même trois couches pénétrées de cet argent, qui, quand on les ſépare, préſente à chaque ſurface des feuilles très-blanches & très-minces.

Il eſt de ces veines enfin, où l'argent eſt tellement diviſé dans le ſpath & le rocher, quoique vierge, qu'on a bien de la peine à le reconnoître; dans d'autres, on ne le diſtingue point du tout.

Tous ces minerais, en un mot, ont entr'eux la plus grande variété, & l'on ne finiroit point, ſi on vouloit entrer dans le détail qu'une deſcription exacte de chaque eſpèce exigeroit; nous croyons en avoir aſſez dit pour que l'on puiſſe s'en former une idée, nous nous en tiendrons, au reſte, à la diſtinction connue & uſitée dans ces Mines, on les diviſe en quatre claſſes; ſavoir:

1.° En argent vierge ſéparé du rocher, dont la teneur eſt d'environ deux tiers de métal par quintal.

2.° Autre eſpèce mêlée avec le rocher, de 25 à 26 marcs par quintal.

3.° En minerai trié, c'eſt le rocher dans lequel on apperçoit de l'argent vierge, & qui tient depuis 1 juſqu'à 1 marc $\frac{1}{2}$ par quintal.

4.° En minerai à bocard, rocher pyriteux, dans lequel l'argent ne se manifeste d'aucune manière; pilé & lavé, il produit trois espèces de *schlicks*, dont le plus riche tient un marc par quintal, le moyen cinq à six loths, & le plus pauvre, depuis un jusqu'à deux loths.

Après avoir parlé des deux anciens filons principaux sur lesquelles les premières découvertes de ces Mines ont été faites, il est à-propos de dire un mot des deux autres plus modernes, que nous avons annoncé dans le commencement de ce Mémoire.

Ce fut au mois d'Août de l'année 1764, que se fit la découverte du troisième filon principal de la Montagne haute, dans l'endroit nommé *Jona Knouten.* A plus d'une lieue d'éloignement de la Montagne moyenne, & à son revers exposé au Sud-Ouest, est situé ce filon du côté du Nord; sur la direction de ce filon principal, qui paroît avoir 30 ou 40 toises d'épaisseur, & sur une longueur de 100 toises au plus. Lors de notre visite, on y avoit déjà fait treize ouvertures ou recherches, dont les plus profondes n'avoient que sept toises; elles avoient toutes produit & produisoient encore de l'argent vierge; on en remarque plusieurs dans ce nombre, qui n'ont que quelques pieds d'approfondissement; d'autres qui sont à peine commencées, dans lesquelles nous avons vu & détaché nous-mêmes ce métal, qui sortoit du rocher sous différentes formes.

Dans chacune de ces recherches, on reconnoît une infinité de petites veines transversales plus ou moins riches & de différentes épaisseurs, il en est qui s'étendent jusqu'à 8 & 10 toises en longueur sur leur direction, qui est toujours à angle droit ou approchant à celle du filon principal; elles consistent également en un spath pénétré dans son intérieur d'argent vierge; d'autres fois c'est le rocher même qui l'accompagne,

ſes lits ſont remplis dans leurs ſéparations de feuilles d'argent très-minces, il en eſt enfin de celui-ci comme des deux premiers que nous avons décrit; ce qui peut l'en faire diſtinguer, ce ſont les caractères ſuivans.

1.° Les lits, qui le compoſent, ſont moins marqués, & le rocher eſt plus entier & plus compact.

2.° A la ſurface de la terre le rocher eſt jaune, ferrugineux, paroiſſant ſe déliter comme un ſchiſte; il a exactement toutes les apparences extérieures de certains filons de cuivre.

3.° Il contient lui-même du cuivre & de la blende en plus grande quantité que les autres filons principaux, d'où il ſuit qu'on pourroit le conſidérer comme un filon pauvre d'une pyrite cuivreuſe dans un rocher martial très-dur, traverſé par de petites veines riches en argent; cela eſt d'autant plus probable, qu'il eſt ſur la direction d'un ſemblable filon exploité il y a quelques années à deux ou trois lieues d'éloignement, qui a produit de l'argent vierge.

4.° Dans ces recherches, on trouve une pyrite blanche arſenicale très-peſante, compacte, & de la plus grande dureté, que l'on ſoupçonne tenir un peu de cobalt, puiſqu'on voit des rochers teints des fleurs de ce minerai.

La veine d'argent la plus abondante, forme, à quelques pouces de la ſurface de la terre, une fente remplie d'une eſpèce d'ocre jaune, dans laquelle on a trouvé des morceaux preſque détachés de ce métal.

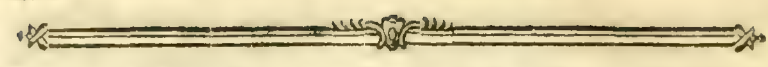
Outre les différens ſpaths qui accompagnent les veines minérales, on en diſtingue dans ce filon un tout particulier, qui n'eſt point cryſtalliſé, mais qui a la propriété de reſſembler à une pierre ſavonneuſe, & ſur-tout à un ſavon blanc dans ſa caſſure; il en eſt d'autres très veinés en noir & blanc: cette eſpèce de ſpath & celui de couleur d'améthiſte, de même que la pyrite

cuivreuſe, qui eſt diviſée dans le rocher, ſont regardés & reconnus, par expérience, comme les meilleurs indices; de ſorte que l'on eſpéroit que ces recherches, qui étoient déjà très-fructueuſes & donnoient du bénéfice, formeroient la plus belle découverte que l'on ait eu juſqu'alors dans le pays.

Ce que nous venons de dire du troiſième filon principal, doit être entendu pour le quatrième, celui-ci étant de la même nature & composé des mêmes matières.

De tout ce que nous avons rapporté, nous croyons devoir conclure que les Mines d'argent de Kongsberg, ſoit par la ſingularité de leur eſpèce, ſoit par la nature des rochers, leur poſition & celle des veines minérales, ſoit auſſi par les variétés qui s'y trouvent, méritent de tenir un des premiers rangs dans l'Hiſtoire naturelle, & peuvent ſervir en même-tems d'inſtruction ſur les divers filons de métaux que la Nature préſente, & ſur ceux que l'on peut découvrir.





MÉMOIRE
SUR
LE RAFFINAGE DU CAMPHRE.

Par M. VALMONT DE BOMARE*.

Sans entrer ici dans les détails qui concernent la récolte du Camphre à Bornéo, au Japon & autres lieux des Indes Orientales, la nature de ce produit végétal & la deſcription, tant de l'arbre qui le donne plus communément & qui eſt décrit dans Kempfer, que des autres arbres, plantes ou racines qui fourniſſent une ſubſtance peut-être pareille, certainement analogue au Camphre brut : je me borne à examiner la manière de raffiner le Camphre.

Le Camphre, cette ſubſtance végétale, ſi connue & ſi utile, eſt peu abondante à Bornéo, & il nous en vient très-peu en Europe. Celui du Japon eſt très-commun, mais il eſt moins eſtimé au Japon même, puiſque les Commerçans de cette Contrée donnent juſqu'à ſix cens livres du leur pour en avoir ſeulement une livre de celui de Bornéo. Les Hollandois n'apportent chez eux que celui du Japon ; il eſt en maſſes cryſtallines, griſâtres, aſſez ſemblable à cette eſpèce de ſucre impur, qu'on appelle *Caſſonnade biſe* ; ils ont ſeuls l'art de le raffiner en grand, & c'eſt la ſeule Nation qui envoie le Camphre raffiné dans toutes les parties de l'Europe : mais on eſt

(*) Ce Mémoire lu par M. de Bomare, le 18 Février 1761, auroit dû être imprimé, ſuivant la deſtination qui en avoit été faite, dans le IVme Volume de ce Recueil publié en 1763. Mais la Copie lue étant égarée, il a fallu s'en procurer une ſeconde, & l'Académie a cru devoir à l'Auteur de publier la cauſe de ce retardement.

encore fort indécis ſur le procédé qu'ils emploient pour parvenir à ce raffinage. Eſt-ce par la ſublimation ? eſt-ce par la fuſion ?

Pomet, dans ſon *Hiſtoire des Drogues*, *Tome* 2, *Edition de* 1735, *pag.* 17, dit: « qu'on raffine ou purifie le » Camphre brut, en le mettant dans des matras ou autres » vaiſſeaux ſublimatoires, après l'avoir concaſſé & après avoir » rempli la moitié du vaiſſeau de cette poudre, l'on bouchera » légèrement le vaiſſeau, on le mettra enſuite ſur un petit » feu; d'abord le plus ſubtil du Camphre s'élèvera & s'atta- » chera au haut du vaiſſeau, & lorſque toute la ſublimation en » ſera faite, on le trouvera beau, blanc, tranſparent & épais, » ſuivant la quantité du Camphre brut que l'on aura employé. » Après la ſublimation, on trouvera au fond du vaiſſeau une » tête morte & de nulle valeur. »

M. *Geoffroi*, dans ſa Matière médicale, expoſe la manière de purifier le Camphre : ce procédé, qui indique que c'eſt par la ſublimation, eſt extrait de la Diſſertation de M. *Jean-Frédéric Gronovius*.

Lemery, dans ſon *Dictionnaire des Drogues*, *Edition de* 1759, *pag.* 170, dit à-peu-près la même choſe, il ajoute ſeulement (ou peut-être ſon Editeur,) qu'il ſemble qu'on le met en pains ronds en le faiſant fondre après l'avoir ſublimé.

Malgré l'autorité de *Pomet*, confirmée en partie par *Lemery*, &c. l'opinion la plus commune & la plus reçue, eſt que l'état où nous recevons le Camphre purifié, ſoit un effet de la ſeule fuſion; & cette opinion étoit fondée, 1.° ſur ce que les huiles eſſentielles concrètes (comme eſt le Camphre) ne peuvent ſe fondre qu'à un degré de chaleur ſemblable à celui de l'eau bouillante, à un degré plus fort elles ſe décompoſent, degré qui ſeroit néceſſaire pour opérer la ſublimation du Camphre; 2.° que le Camphre, en ſe refroidiſſant prenoit la forme du fond intérieur du vaſe où il s'étoit liquéfié; & l'on

difoit *le Camphre purifié a dû conferver la figure du pontis de la bouteille.*

Dans l'un de mes voyages en Hollande, j'ai eu la curiofité de voir un de ces Laboratoires où l'on raffine le Camphre : je n'efpérois pas comme découvrir le fecret, s'il en eft un ; mais je voulois du moins fatisfaire ma curiofité fur le local & fur les moyens généraux qu'on y employoit : je parvins non fans peine à entrer dans le Laboratoire & à y refter quelques minutes. Je vis une grande pièce, garnie dans fon pourtour d'un corps de fourneaux à hauteur d'appui, où font enfoncées dans un grand nombre de capfules garnies de fable, autant de bouteilles à cul plat, fous des couvercles de fer étamés; ces différens fourneaux font échauffés par un feul foyer, qui tranfmet l'activité du feu fous chaque capfule au moyen d'un tuyau. L'aliment de ce feu eft de la tourbe, & la chaleur eft graduée par des thermomètres placés en différens endroits de l'attelier : il n'y avoit qu'un feul Ouvrier. Je lui vis retirer divers couvercles, tourner les bouteilles dans leur bain de fable & les recouvrir auffi-tôt; je ne lui fis point de queftions, il ne m'y auroit pas répondu : je dois dire que dans ce moment plufieurs circonftances réunies me firent foupçonner que le raffinage de Camphre fe faifoit par fublimation : la quantité de bouteilles, la figure qu'ont les pains de Camphre, convexes d'un côté, concaves de l'autre, & le trou qui s'y trouve, lequel répond à l'ombilic qu'on obferve dans les pains de fel ammoniac fublimés : tout ceci ne favorifoit pas l'idée de la fufion du Camphre, qui pourroit fe faire plus naturellement dans un feul vaiffeau plus grand.

De retour à Paris, j'ai voulu m'affurer fi mon foupçon étoit fondé, j'ai fait, à ce fujet, plufieurs expériences dont je vais rendre compte à l'Académie.

Première Expérience.

Une bouteille de verre verd, mefure d'une pinte de Paris, &

marquée

marquée *N.°* 1, contenoit huit onces de Camphre brut du Japon, tel qu'il nous vient dans le commerce par la voie des Hollandois : il étoit alors neuf heures du matin ; je mis cette bouteille dans une poële de fer garnie de fable, & fur un feu de charbon que j'augmentai par degrés : la bouteille étoit pleine un peu plus qu'à moitié, bouchée avec du coton, & recouverte d'une autre poële, afin d'entretenir la chaleur égale à l'inftar des couvercles de fer-blanc que j'avois vu en Hollande dans les Laboratoires à raffinage de Camphre ; à dix heures & demie, je levai mon couvercle, la partie du bouchon de coton, qui étoit dans le col de la bouteille, me parut auffi-tôt fe charger de flocons cryftallins : j'apperçus en même-tems quelques gouttes d'une matière comme huileufe, & fixées contre les parois intérieures de la bouteille ; je remis le couvercle, j'augmentai le feu, & la bouteille fe fêla horizontalement au niveau du Camphre liquéfié ; c'étoit le même niveau du bain de fable. Craignant ou l'explofion ou l'inflammation d'une fubftance auffi combuftible, je diminuai le feu & même l'éteignis ; tout étant refroidi, je voulus retirer la bouteille, elle fe divifa en deux à l'endroit de la fêlure, &, malgré tous ces accidens, je trouvai plus des deux tiers du Camphre qui étoit fublimé, très-beau, diaphane, non en une maffe folide, mais en flocons pelotonnés comme de la neige. Cet effai m'encouragea & me fit efpérer de réuffir fi je réitérois cette opération avec une bouteille de verre blanc. En voici le détail.

Deuxième Expérience.

Une bouteille de verre blanc & fort épais, plus large que haute, à col fort court, de la mefure d'une demi-bouteille de Paris & marquée *N.°* 2, contenoit quatre onces de Camphre brut du Japon, elle étoit à moitié pleine ou environ, & bouchée avec du coton. Je la mis à neuf heures du matin dans le bain de fable & échauffé comme dans la précédente opération : je n'y mis point de couvercle ; à neuf heures trois quarts, le bout du bouchon de coton étoit deja chargé de flocons

cryſtallins: à dix heures, les parois intérieures de la bouteille, étoient enduites juſqu'au col de gouttes qui paroiſſoient comme huileuſes; quelques minutes après, la bouteille parut nébuleuſe, elle étoit intérieurement tapiſſée de flocons lamelleux & brillans; à onze heures, j'augmentai le feu, & la partie ſupérieure de la bouteille parut entièrement opaque juſqu'au niveau du bain de ſable; néanmoins les gouttes huileuſes furent toujours permanentes, le bout pyramidal du bouchon de coton étoit alors tout couvert de Camphre à demi-coagulé, ainſi que les parois intérieures du col de la bouteille; à onze heures & demie, la partie ſublimée ſembloit ſe fondre: le col de la bouteille s'éclaircit entièrement, il n'y reſtoit plus de camphre; à 11 heures trois quarts, les gouttes huileuſes paroiſſoient encore: le peu de vapeur ſubtile, qui s'échappoit à travers le bouchon, de coton, étoit d'une odeur acide & légèrement empyreumatique. Tandis que j'obſervois les progrès de l'opération, j'apperçus une grande partie du peu de Camphre ſublimé ſe fondre de nouveau & en trois minutes de tems le total ſe fondit entièrement & parut bouillir; ce fut alors que toute la voûte de la bouteille juſqu'au niveau du bain de ſable (excepté le tiers de la circonférence, la partie qui n'étoit pas expoſée au courant de l'air,) ſe trouva auſſi-tôt recouverte de Camphre ſublimé & ſolide: les gouttes ou bulles comme huileuſes avoient enfin diſparu, & je ſoupçonne qu'elles ſe raréfièrent & paſsèrent à travers le bouchon de coton ſous la forme de vapeurs dont j'ai parlé ci-deſſus; à midi & demi, je ne pus diſtinguer l'effet des lames de Camphre qui ſe ſublimoient, parce que toute la partie de la bouteille au-deſſus du bain de ſable en étoit toute tapiſſée intérieurement & d'un blanc opaque; à midi trois quarts, je pus obſerver que le Camphre brut ne ſe ſublimoit pas ſenſiblement en flocons comme le Camphre purifié, ni comme celui qui eſt à demi-raffiné: je remarquai encore, qu'à meſure qu'il étoit ſublimé il ſe fondoit auſſi-tôt, ce qui n'arrivoit pas aux autres eſpèces de Camphre qui ſe coaguloient dans le même inſtant & ſans ſe liquéfier de nouveau. Je couvris, pendant un moment, la bouteille avec un enton-

noir de fer-blanc dont j'avois bouché le tuyau, à dessein de reconnoître si la sublimation & la liquéfaction qui s'étoient faites alternativement, dépendoient ou des hétérogénités qui montoient avec le Camphre & l'empêchoient de se fixer, ou du degré de chaleur qu'il falloit produire & entretenir pour permettre au Camphre sublimé de se fixer d'une manière intime contre les parois de la bouteille; à une heure, je levai le couvercle, il n'y avoit encore aucun changement; à une heure & demie, je le levai pour la dernière fois, je n'appercevois encore aucun progrès dans l'opération; mais, à l'instant, je reconnus que le contact de l'air extérieur fit aussi-tôt fixer les vapeurs intérieures contre les parois & seulement jusqu'au niveau du sable; la matière parut en forme de cire fort molle, ou d'huile congelée; les vapeurs se coagulèrent peu-à-peu pendant une demi heure, puis elles se liquéfièrent par intervalles & en partie; dans ce qui restoit de sublimé, j'y distinguai des vides qui se remplirent à moitié sur les deux heures & demie, nul autre progrès jusqu'à trois heures; mais bientôt j'observai la crystallisation du Camphre qui se sublimoit & se fixoit; c'étoient autant de lames luisantes presque transparentes qui s'entrelaçoient, réfléchissoient & réfractoient la lumière comme des particules de glace; le sommet de la bouteille étoit seulement tapissé d'une matière farineuse & opaque; sur les quatre heures, je diminuai peu-à-peu l'activité du feu, parce que plus des deux tiers du Camphre étoient sublimés. J'approchai une bougie allumée contre les parois extérieures de la bouteille, à l'endroit le plus transparent; je me plaçai de l'autre côté, & je distinguai très-bien le Camphre du fond en ébullition, lançant ou formant des gouttelettes en manière de jets, semblables à ceux que l'on produit & que l'on observe quand on verse du suc de citron dans de l'eau; à sept heures, je retirai la bouteille du bain de sable, elle étoit à demi-froide, & j'eus la satisfaction de voir une belle sublimation bien crystallisée & plus transparente que celle du Camphre raffiné en Hollande. Le fond de la bouteille étoit tapissé d'un peu de terre brune, noirâtre : je pesai la bouteille,

pour reconnoître combien il s'étoit dissipé de Camphre à travers le bouchon de coton, & je n'y trouvai pas de diminution.

Troisième Expérience.

Une bouteille semblable à celle de l'Expérience précédente, marquée *N.°* 3, contenoit une once six gros de Camphre brut & autant de Camphre raffiné, l'un & l'autre du Japon. La bouteille étoit à moitié pleine & bouchée avec du coton; à neuf heures du matin, je la mis dans le bain de sable, sans la couvrir : je graduai le feu; à dix heures, même phénomène que dans l'Expérience du *N.°* 2, excepté les bulles comme huileuses qui paroissoient en moindre quantité. La bouteille étoit alors un peu terne ou nébuleuse : à onze heures, elle étoit entièrement opaque; le bouchon de coton commençoit déja à être fixé par le nombre de lames de Camphre, congelées, &c. qui obstruoient l'orifice ou le col de la bouteille; les bulles comme huileuses ne cessoient de paroître, mais toujours en moindre quantité que dans l'Expérience du *N.°* 2; à onze heures & demie, l'orifice de la bouteille étoit encore obstrué d'un Camphre opaque; à midi, les bulles huileuses disparurent, & toute la capacité de la bouteille jusqu'au niveau du bain de sable, se trouva tapissée de Camphre; la couche, qui touchoit immédiatement aux parois intérieures de la bouteille, étoit d'un gris sale & conserva cette nuance jusqu'à la fin de l'opération; à midi & demi, le Camphre, qui étoit au fond de la bouteille, se liquéfia & se mit en ébullition : ce fut alors que les degrés de la sublimation furent très-sensibles & en même-tems très-curieux; qu'on se figure un nombre de gouttes partir de la liqueur ou Camphre en fusion, paroître sous la forme de lames perlées & lucides au milieu de la bouteille, y voltigeant, comme la neige dans l'athmosphère à l'instant d'un vent impétueux, & s'accrocher les unes aux autres par différentes faces, monter, descendre, puis se sublimer de nouveau, & se fixer peu-à-peu au dôme de la bouteille, & ainsi de suite jusqu'à la fin de l'opération; alors on

aura une pleine idée de cette ſublimation ; à une heure, la ſublimation ſe faiſoit par progrès très-ſenſibles : mais elle produiſit encore les mêmes phénomènes que dans l'Expérience du *N.°* 2 ; elle reſta en cet état juſqu'à quatre heures, à cette différence, que la coagulation ſe faiſoit peu-à-peu plus ſenſiblement ; l'opération fut achevée à ſept heures du ſoir, & à neuf heures je retirai la bouteille, je la peſai en cet état, elle avoit perdu trois gros de ſon poids : le réſidu étoit une terre tenace d'un brun rougeâtre & foncé ; la partie ſublimée ne m'en parut pas ſi belle que celle que j'avois obtenue avec du Camphre tout brut & en couvrant la bouteille ; elle n'avoit pas même la tranſparence de celle que j'avois obtenue du Camphre brut, & dont la bouteille s'étoit caſſée à moitié de l'opération, ainſi qu'il eſt dit dans la première de ces Expériences.

Quatrième & cinquième Expériences.

Deux bouteilles ſemblables en tout aux précédentes, *N.°* 2 & *N.°* 3, contenoient, l'une *N.°* 4, quatre onces de Camphre du Japon & raffiné, l'autre marquée *N.°* 5, cinq onces de Camphre brut de Bornéo : ayant bouché légèrement ces deux bouteilles avec du coton, je les plaçai dans un même bain de ſable, il étoit alors neuf heures du matin ; je poſai un couvercle ſur celle qui renfermoit le Camphre de Bornéo ; je pouſſai le feu par degrés, d'abord aſſez vifs ; à neuf heures & demie, l'extrémité pyramidale du bouchon de coton de la bouteille, *N.°* 4, étoit déjà enduite de petits flocons de Camphre ; à dix heures & demie, les parois intérieures de la bouteille ſe trouvèrent tapiſſées de petites lames de Camphre à demi-concrètes & clair-ſemées ; à onze heures, la bouteille s'en trouva totalement enduite ; je n'obſervai, ſur les parois, aucunes bulles comme huileuſes, il y en avoit ſeulement à la baſe de l'orifice du col, leſquelles, en s'y coagulant ſous une couleur rouge, y rendirent le coton abſolument fixé ; la partie de la bouteille hors du ſable, avoit toujours une ſorte de tranſpa-

rence, & le Camphre ne se liquéfioit pas encore dans le fond de la bouteille; à onze heures & demie, la bouteille parut entièrement opaque; à midi, je levai le couvercle de dessus la bouteille du *N.°* 5, je distinguai bien les mêmes phénomènes (*per descensum*) que j'avois observés dans la deuxième Expérience; mais les deux bouteilles *N.°* 4 & *N.°* 5, placées dans le même bain, offrirent, dans la suite de l'opération, les mêmes progrès & la même alternative que dans le *N.°* 3; à midi & demi, chaque espèce de Camphre étoit fondu & en ébullition. Un Thermomètre de M. de Réaumur, un autre de Farenheit étoient tous les deux plongés dans le même bain de sable, comme dans les trois précédentes opérations, & toujours fixés au degré de l'eau bouillante ou à-peu-près; à une heure, une partie du camphre sublimé parut se liquéfier de nouveau & se précipiter aussi-tôt; dans le même instant, il se fit une nouvelle sublimation qui augmenta de densité & en volume jusqu'à deux heures: la suite de la sublimation fut fort lente, ce ne fut que sur les quatre heures & demie qu'en perçant, au moyen d'une grosse & longue aiguille, le bouchon de coton & la matière sublimée, j'apperçus très-sensiblement le fond des deux bouteilles, il y avoit encore quelques portions de Camphre fondu; alors je soufflai sur les parois extérieures des bouteilles: je crus qu'elles se fêlerent à l'instant, en faisant une espèce de cliquetis, que je reconnus ensuite être uniquement l'effet de la coagulation & de l'arrangement des parties du Camphre; coagulation accélérée par le froid d'un air factice & extérieur: en effet, les deux bouteilles n'en furent point endommagées: je diminuai, par degrés, l'activité du feu, le reste du Camphre acheva de se sublimer & de se condenser sur les six heures du soir, alors je laissai les vaisseaux se refroidir.

A neuf heures, je retirai du sable les bouteilles, je pesai celle du *N.°* 4, elle n'avoit aucunement perdu de son poids: celle du *N.°* 5 en avoit perdu deux gros.

La sublimation du Camphre, *N.°* 4, quoique belle, me

parut inférieure à celle du *N.*° 3, qui étoit le produit d'un mêlange & à parties égales de Camphres du Japon, l'un brut & l'autre raffiné ; elle étoit encore moins transparente que celle du *N.*° 2, qui est la plus diaphane, & qui étoit le produit d'un Camphre brut du Japon. La bouteille du *N.*° 5, qui contenoit du Camphre brut de Bornéo & qui avoit été couverte pendant la sublimation, a offert un Camphre qui, après celui du *N.*° 2, est le plus beau.

Il résulte, de toutes ces Expériences que je soumets aux yeux de l'Académie,

1.° Que l'axiome adopté le plus généralement, que le Camphre chauffé au degré de l'eau bouillante & même au-dessus, ne peut se sublimer sans se décomposer, doit souffrir quelque exception. Le Camphre est une substance toute particulière, qui a des caractères qui la distinguent de tous les autres corps, (soit huiles, soit résines) du régne végétal.

2.° Que le raffinage du Camphre se fait par sublimation, & que, pour parvenir à la sublimation de cette substance, le feu doit être gradué & assez violent.

3.° Que l'usage d'un vase de verre verd convient moins, pour cette opération, que le verre blanc, ou au moins blanchâtre ; & que ces vases ou bouteilles de verre n'ont point leur fond intérieur convexe, ainsi qu'on le disoit ; il est, au contraire, très-plat.

4.° Que l'usage des couvercles, est une manière de reverbere qui, conservant & réfléchissant la chaleur, accélère la liquéfaction (c'est-à-dire la fusion) du Camphre, état nécessaire à sa purification & à sa sublimation.

5.° Que le contact de l'air extérieur bien ménagé, contribue à faciliter l'opération. Le truité ou le trezalé qu'on observe sur les parties extérieures des pains de Camphre, ne provient que d'un refroidissement subit ou très-prompt à l'instant où l'on retire les bouteilles du bain de sable, & qu'on les

expose à l'air libre ; alors on entend un cliquetis qui produit des lignes ou des raies en tout sens, comme le feroit un coup de marteau sur un morceau de crystal, ou d'eau convertie en glace.

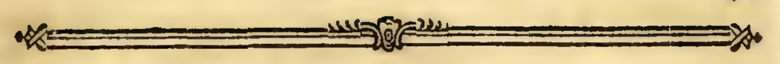
6.° Que le Camphre brut du Japon, mis seul sur le feu, dans un vase sublimatoire, ne perd point ou très-peu de son poids, tandis qu'étant mêlé avec le même qui est purifié, il déchet d'un septième. Le Camphre purifié, au contraire, étant mis seul dans un vase sublimatoire, n'y diminue point, tandis que le Camphre brut de Bornéo y perd un vingtième de son poids.

7.° Que la partie du pain de Camphre, qui touche immédiatement à la pointe du bouchon (lequel est fait de coton,) & même l'incruste, est communément poreuse, sans consistance & d'un gris roussâtre. Pour obtenir ces pains, on casse les bouteilles à l'aide d'un petit marteau : ensuite on prend un instrument de fer dont la partie tranchante est cambrée, on pare les superficies de chaque pain, notamment celles du côté du verre ; &, pour parvenir à retirer tout le coton, on en arrache une partie au moyen des doigts ; pour en avoir le reste, l'on taille & perce la masse de part en part avec le même instrument de fer, de manière à faire un trou qui y reste & qu'on observe au centre des pains de Camphre.

8.° Enfin que la manière de raffiner le Camphre telle que je l'ai décrite & exécutée, n'est pas aussi compliquée que celle qu'on lit dans les Auteurs, & notamment dans la Dissertation de M. Gronovius, & qu'il seroit peut-être difficile de répéter.



MÉMOIRE



MÉMOIRE SUR LA NATURE ET LA CAUSE DES DIFFÉRENTES GRAISSES DU VERRE.

Par M. D'ANTICK.

Présenté le 7 Décembre 1765.

DANS MON MÉMOIRE ſur la cauſe des bulles, qui ſe trouvent dans le Verre, je me ſuis engagé à traiter des autres effets du ſel de Verre. Le deſir de porter mes recherches à un plus haut degré d'évidence, ne m'a pas permis de remplir plutôt cet engagement.

Voy. pag. 553 du IV.me Volume des Mémoires préſentés à l'Académie Royale des Sciences.

Il ne me fut pas poſſible de développer, dans mon Mémoire ſur la perfection de la Verrerie, les effets du fiel de Verre. Je me contentai de les indiquer.

Voyez pag. 41 de mon Mém. ſur la perfection de la Verrerie.

Ce qui me reſte à faire, eſt d'une trop grande étendue, pour être traité convenablement dans un Mémoire. Je me bornerai aujourd'hui aux *graiſſes* que le *ſuin* produit dans le Verre.

Mon travail ne ſera pas chargé de citations. Je ne connois point d'Auteur, qui ait parlé de ce qui en fait le ſujet. *Néri* dit, à la vérité, que le ſel alkali, (le fiel de Verre, qu'il regardoit comme un alkali ſuperflu) rend le cryſtal obſcur & nébuleux; mais cette idée eſt ſi peu développée, qu'elle ne paroît pas mériter beaucoup d'attention.

Voyez pag. 39 de ſon Art de la Verrerie, traduction françoiſe, in-4.°

Les *graiſſes* du Verre ne ſont guères connues que dans les

Verreries où l'on travaille en cryſtal ou en Verre-blanc. Il y a pluſieurs raiſons pour leſquelles on les remarque très - rarement dans les Verreries en commun; 1.° parce que celles-ci n'emploient jamais le ſel alkali fixe pur ; 2.° qu'elles ſont entrer, dans leur compoſition, une bien moins grande quantité de ſel alkali fixe, & conſéquemment de ſel de Verre, que les Verreries en fin; 3.° parce que la partie terreuſe-calcaire de la ſoude ou des cendres ordinaires, donnant une grande fluidité au Verre, favoriſe l'évaporation du ſel de Verre; 4.° enfin, parce que le principe colorant, les phlogiſtiques, dont les cendres du *kali* & des autres végétaux ſont abondamment chargées, volatiliſe, pendant la fuſion, le ſel de Verre.

Des Verreries en fin, celles qui travaillent en aſſortiment, ſont les plus expoſées à voir leur Verre *gras*. Le bas prix que la concurrence a produit dans cette branche de Verrerie, les force à être plus économes de ſel alkali fixe, que les Verreries en glaces, en verres plats, façon de Bohème, &c. Dans un inſtant, nous aurons occaſion de rendre ceci plus clair.

Quelquefois, au moment qu'il faudroit travailler le Verre, on le trouve hors d'état d'être mis en pièces marchandes. Il eſt demi-tranſparent, de couleur de lait & peu ſolide; au premier coup-d'œil, on le prendroit pour de la porcelaine, ou pour du Verre de craie : c'eſt le premier degré de graiſſe & le plus funeſte. Cette eſpèce de graiſſe, comme les autres, a, pour ainſi dire, des nuances ; la couleur de lait eſt plus ou moins belle, tire plus ou moins ſur le verd ou ſur le bleu. On éprouve quelque choſe de très-approchant dans les Verreries communes, ſur-tout dans les Verreries à bouteilles : leur verre devient plus ou moins couleur de lait, ſoit dans le creuſet, ſoit en chauffant la pièce. Il eſt, je penſe, peu de perſonnes qui n'aient obſervé des bouteilles infectées de ce défaut, qui ont des parties ou des raies blanchâtres ou bleuâtres. En termes de l'art, ce défaut s'appelle *chapeau*. Quelque reſſemblance qu'il ait avec la *graiſſe*, que nous venons de décrire, il

ne faut pas les confondre; ils ont des causes très-différentes. Le Verre à bouteille ne devient *chapeau*, que parce qu'une certaine quantité de terre calcaire n'a pu être vitrifiée.

D'autres fois, au commencement ou pendant le travail, on voit, dans toute la substance du Verre refroidi, un nuage blanchâtre & une infinité de très-petits points blancs; ce Verre est d'un blanc fade, peu brillant, moins transparent, que le beau Verre ne l'est ordinairement, & plus cassant à la cuisson & dans le magasin : c'est le second degré de graisse.

Il est des verres à boire, & d'autres pièces, qui paroissent mal rincés; on croit y remarquer l'empreinte de doigts gras, ou un nuage très-léger d'une couleur différente de celle du verre: souvent les domestiques sont la victime de l'impéritie ou de la négligence du Fabricateur. C'est le troisième degré de graisse.

Lorsqu'on examine de près les glaces soufflées, & dont le verre a été fait avec la soude, on y remarque comme une fumée plus ou moins étendue, un nuage violet ou tirant sur le violet: ce défaut n'occupe pas toute l'étendue de la glace; mais une partie ou plusieurs séparément. C'est le quatrième degré de graisse.

J'ai vu plus d'une fois des glaces soufflées, qui paroissoient parsemées, dans toute leur substance, d'une infinité de très-petits nœuds, & qui, quelques bien polies qu'elles fussent, avoient toujours un air raboteux. C'est notre cinquième & dernier degré de graisse.

C'est improprement qu'on appelle ces défauts-là, *graisse* : on leur a donné cette dénomination, parce que le Verre qui en est infecté, pénétré par l'humidité, a réellement quelque chose d'onctueux au toucher.

Le Verre gras est plus cassant, comme nous l'avons déjà fait observer; mais il est aussi d'autant plus susceptible d'humidité,

& il prend d'autant plus difficilement la couleur rouge de la manganèse, qu'il est plus gras. Ces deux derniers phénomènes auroient dû me conduire naturellement à la cause de la graisse. Il est certain que le sel de Verre desséché dans le creuset, & très-divisé dans le Verre, emporte avec lui, dans son évaporation, le principe colorant de la manganèse, & attire l'humidité de l'air, après le refroidissement du Verre. Les routes les plus simples sont rarement les premières qu'on suit.

Celle que je pris, loin de me faire atteindre le but que je me proposois, m'en éloigna. Je questionnai les Directeurs, les Maîtres Fondeurs & les principaux Ouvriers de différentes Verreries: presque tous s'accordèrent à attribuer le 1.er, le 2.me & le 5.me degré de graisse, au froid qu'avoit souffert le Verre dans le creuset, c'est-à-dire, à une diminution de chaleur, & le 3.me & 4.me degré, à la fumée du bois, qui, par l'imprudence du *tiseur*, saisissoit la pièce, au moment qu'on la chauffoit à l'ouvreau.

Il est certain que, dans les Verreries en assortiment, toutes les fois que le *tiseur* néglige son fourneau, le Verre devient plus ou moins gras.

Lorsqu'on met du Verre chaud sur du bois, la fumée fait une tache au verre, qu'on ne peut détruire. Ces deux faits, quelques concluans qu'ils parussent aux personnes que j'avois consultées, laissèrent des doutes dans mon esprit. J'avois vu du Verre, qui, à un feu très-foible, n'étoit point devenu gras. A un egal degré de chaleur, le verre gras m'avoit paru constamment plus pâteux, plus dur dans le creuset, que le verre qui n'étoit point gras. Depuis long-tems je savois que le verre étoit d'autant plus disposé à la graisse, qu'on avoit moins fait entrer de sel alkali fixe dans sa composition, & que ce sel avoit été mieux purifie du principe colorant. La tache que la fumée du bois avoit faite sur le verre, ne me parut pas de la même couleur, que la graisse du 3.me & 4.me degré. On peut enlever cette tache, en usant une très-petite épaisseur du verre,

au-lieu que la graiſſe du 3.me & 4.me degré occupe toute l'épaiſſeur du verre: d'ailleurs la graiſſe du 4.e degré n'affecte qu'une ou pluſieurs parties de la glace; ſi elle étoit le produit de la fumée, elle en affecteroit toute l'étendue. L'état d'incertitude ſur un phénomène que j'avois ſouvent occaſion d'obſerver, étoit pour moi trop déſagréable, pour ne pas mettre en uſage tout ce qui me paroiſſoit propre à m'en tirer. J'enviſageai donc la choſe ſous un nouveau point-de-vue : mais, avant de rendre compte de mes expériences, & de donner la démonſtration de la choſe que je cherchois, il eſt néceſſaire de remarquer que la proportion de ſel alkali fixe, qui entre dans la compoſition du Verre-blanc, doit être relative au degré de chaleur du fourneau. Pour rendre ce principe plus ſenſible, ſuppoſons que les fourneaux de Verrerie, donnent pluſieurs degrés déterminés de chaleur; s'il faut cinq degrés de chaleur pour mettre en fuſion, & affiner convenablement une compoſition de deux parties de ſel alkali fixe, & de trois parties de ſable; avec la même compoſition, on aura le 2.me degré de graiſſe, ſi le fourneau ne donne que quatre degrés de chaleur, & le premier degré de graiſſe, s'il ne donne que trois degrés de chaleur; s'il n'en donne que deux, la matière n'entrera pas en fuſion, &c. Si l'on fait la compoſition d'une partie de ſel alkali fixe ſur deux parties de ſable, à cinq degrés de chaleur, on aura le deuxième degré de graiſſe; à quatre, le premier degré, & à trois, on n'obtiendra point de fuſion. On ſent que la quantité de l'alkali fixe de la compoſition, varie, à raiſon du plus ou moins de ſel de verre dont il eſt chargé. Une des grandes difficultés dans les Arts, c'eſt d'avoir preſpreſque toujours à combiner un grand nombre de circonſtances.

L'examen que je fis du Verre, lorſqu'il commence à ſe mettre en fuſion, fut pour moi le premier trait de lumière ſur la cauſe de la graiſſe. Dans cet état, le verre eſt peu tranſparant, plus ou moins laiteux, très-caſſant, très-ſuſceptible d'humidité, il ne prend point la couleur de la manganèſe, il

eſt gras. Si la chaleur eſt ſuffiſante, ſi la compoſition a été faite dans des proportions convenables, & ſi le ſel alkali fixe qu'on a employé, n'eſt pas trop chargé de fiel de verre, la graiſſe diſparoît par degrés.

Que perd le Verre dans ſa cuite ou dans ſon affinage? une infinité d'expériences nous aſſurent, que le Verre ne perd que le principe colorant & le ſel de verre. Je ne pouvois donc attribuer la graiſſe du Verre, pris au commencement de la *fonte*, qu'à l'une de ces deux cauſes ou aux deux enſemble. Dans la vue de déterminer la vraie, je fis mêler de la pouſſière de charbon de bois, du principe colorant au verre. Loin que cette matière inflammable augmentât la graiſſe, elle la diſſipa. Quelque naturel qu'il me parût de conclure, que le fiel de verre étoit la cauſe que je cherchois; je voulus m'en aſſurer par une nouvelle Expérience, je fis mêler au verre du *ſuin* très-blanc: la graiſſe reparut, & je ne pus même la diſſiper, qu'au moyen des matières chargées de beaucoup de phlogiſtique.

Quoiqu'il ne me reſtât aucun doute ſur la cauſe de la graiſſe, je crus devoir faire de nouvelles recherches pour porter ma découverte à un plus haut degré d'évidence; le Verre gras, examiné à la loupe, eſt parſemé d'une infinité de points blancs parfaitement ſemblables au fiel du Verre, vu de même à la loupe.

Je fis éteindre dans l'eau du verre très-gras: cette eau évaporée, j'eus pour réſidu du ſel de verre; le verre étant remis en fuſion, fut de beaucoup moins gras.

Lorſqu'on dégraiſſe le Verre par la pouſſière de charbon, ou par quelque autre moyen violent, il s'élève une vapeur blanchâtre & très-abondante. Si l'on condenſe cette vapeur, on ne trouve autre choſe que du fiel de verre; ſi l'on mêle du *ſuin* à du verre dégraiſſé par le phlogiſtique, il redevient gras. Je fis mêler à du verre très-gras du ſel alkali fixe, purifié autant qu'il ſoit poſſible, la graiſſe diſparut: j'eus beau mê-

ler du *ſuin* à ce verre dégraiſſé, la graiſſe ne reparut que pour très-peu de tems. Ce phénomène donne la raiſon pour laquelle les Verreries en glace, &c. ſont moins expoſées à voir leur verre gras, que les Verreries en aſſortiment. Cette addition du ſel alkali fixe, rend le verre moins pâteux, &, par-là, facilite la diſſipation du ſel de verre en vapeur.

Les Expériences dont nous venons de rendre compte, démontrent, je penſe, bien évidemment que le fiel de verre eſt la cauſe matérielle du 1.er du 2.me & du 3.me degré de graiſſe; mais prouvent-elles avec la même évidence qu'il eſt la cauſe du 4.me & du 5.me degré? je conviens que non; & j'avoue que ces deux derniers degrés de graiſſe ont long-tems tenu mon eſprit à la torture.

Pourquoi le troiſième degré eſt-il particulier aux glaces ſoufflées, dont le verre a été fait avec de la ſoude? Comment le ſel de verre peut-il produire ces nœuds, qui caractériſent le 5.me degré de graiſſe? Quelques difficiles que ces queſtions me paruſſent, je ne négligeai rien de ce qui pouvoit me mettre en état de les réſoudre. Pour rendre plus ſenſible ce que nous avons à dire ſur le 4.me & 5.me degré de graiſſe, nous les enviſagerons ſéparément.

Si l'on examine à la loupe les parties de la glace affectées de la graiſſe du quatrième degré, on s'aſſurera que le nuage eſt un tiſſu de très-petits points blancs, ſemblables au ſel de verre; la couleur bleuâtre du verre de la glace & la couleur rouge de la manganèſe, donnent vraiſemblablement à ce nuage un air violet.

J'ai obſervé aſſez conſtamment que les parties de la glace affectées de la graiſſe, étoient plus ſuſceptibles d'humidité, & conſéquemment plus ſujets à ſe *rouiller*, à ſe *plomber*, & à avoir même des *yeux de perdrix* dans les magaſins, que les autres. Nous avons vu plus haut qu'un des caractères de la graiſſe, c'étoit de rendre le verre plus ſuſceptible d'humidité.

J'amais je n'ai pu remarquer cette eſpèce de graiſſe dans un verre fait avec la meilleure ſoude d'Alicante, dans des proportions convenables, & à un feu violent & long-tems continué.

On ſait, & j'en ai ſouvent fait l'expérience, que la ſoude de Carthagène eſt chargée de moitié plus de fiel de verre, que celle d'Alicante : auſſi produit-elle aſſez ordinairement le 4.me degré de graiſſe.

Toutes ces obſervations paroiſſent prouver aſſez clairement que le ſel de verre n'eſt pas moins la cauſe du quatrième degré de graiſſe, que des trois premiers ; mais elles ne nous apprennent pas pourquoi cette eſpèce de graiſſe eſt particulière aux glaces ſoufflées, & qu'elle n'affecte qu'une ou pluſieurs parties de leur étendue. Cette ſingularité a été pour moi un objet de nouvelles recherches.

On recuit les glaces ſoufflées de deux façons : dans des *ſtriques* & dans des *carquaiſes* : les *ſtriques* ſont des fourneaux très-longs, & dont la voûte du côté oppoſé à celui où l'on *chauffe*, eſt de beaucoup plus élevée. On *étend* les glaces dans le bout où la voûte eſt ſurbaiſſée, enſuite l'on conduit la glace développée ſur l'âtre du fourneau, juſqu'à l'extrémité oppoſée, où l'on la met de champ, & on la ſoutient dans cette ſituation avec des barres de fer, qui traverſent horizontalement le fourneau à différentes hauteurs : on juge que, pour mettre ces glaces de champ, il faut qu'elles ſoient refroidies au point de ne pas *plier*.

Les *carquaiſes* ſont des fourneaux de 25 à 30 pieds de longueur, & de 8 à 10 pieds de largeur. On chauffe cette eſpèce de fourneau par les deux bouts : il y a un fourneau particulier pour *étendre* les glaces, duquel on les porte ſur une grande pelle de fer, dans les carquaiſes, où elles ſont placées à plat à côté l'une de l'autre. Avant de mettre des glaces dans les *carquaiſes*, il eſt néceſſaire de les chauffer juſqu'à ramollir le verre,

& on continue

& on continue à les chauffer pendant douze heures; qu'on y place ſucceſſivement des glaces. On ſentira, dans un inſtant, la néceſſité de cette digreſſion.

Quelques ſoins que je me ſois donnés, je n'ai jamais pu découvrir aucun veſtige de graiſſe du 4.me degré dans les glaces recuites dans les *ſtriques*: toutes celles que j'en trouvois infectées, avoient été recuites dans les carquaiſes.

Le ſel de verre de la ſoude, c'eſt-à-dire, le ſel admirable de Glauber, & le ſel marin, eſt plus votatil que le ſel de verre de la potaſſe, le tartre vitriolé: ce ſel reçoit un nouveau degré de volatilité par le phlogiſtique que lui fournit abondamment la partie terreuſe calcaire de la ſoude. Il ſuffit que le verre ſoit chaud à brûler le bois, pour que ce ſel de verre s'évapore plus ou moins. Nous pouvons enviſager le ſel de verre réduit en vapeur, comme un fluide, qui s'échappe par où il trouve le moins de réſiſtance: or il eſt certain que la partie la plus épaiſſe de la glace conſerve plus long-tems ſa chaleur, que la partie plus mince, & que cette chaleur a plus d'intenſité au milieu, qu'à la ſurface de cette partie plus épaiſſe. La vapeur du ſel de verre doit donc y affluer de toutes les parties plus minces de la glace & y être condenſée, lorſqu'on ceſſe le feu, ou par le refroidiſſement. En effet, j'ai toujours obſervé que la graiſſe ne ſe trouvoit que dans les parties les plus épaiſſes de la glace.

Quoique cette explication quadre aſſez bien avec les principes, elle ne me paroiſſoit qu'une conjecture. Je me hâtai de l'étayer de l'expérience: je mêlai une petite quantité de *ſuin* à un reſte de verre, qui avoit été certainement dépouillé de tout principe de graiſſe. Le plus mauvais Ouvrier fut choiſi pour en faire deux glaces; il les fit comme je l'avois deſiré & prévu d'une épaiſſeur très-inégale; elles furent recuites dans une *Carquaiſe*. Les parties les plus épaiſſes de ces deux glaces furent affectées de graiſſe.

Le cinquième degré de graiſſe ne nous arrêtera pas ſi long-tems : on ne l'apperçoit ordinairement que vers la fin des mues, c'eſt-à-dire, après qu'on a travaillé ſur un creuſet cinq ou ſix heures de ſuite; alors le Verre eſt trop bas dans le creuſet, & la chaleur du fourneau trop foible pour que le *ſuin*, qui monte continuellement à la ſurface du Verre, puiſſe ſe diſſiper entièrement. Il ſe forme donc au-deſſus du Verre une légère couche de ſel de Verre; l'ouvrier plonge ſa groſſe canne à trois ou quatre pouces dans le Verre, il la tourne pluſieurs fois ſur elle-même pour y attacher le Verre; à quelques minutes d'intervalle, il fait trois fois cette opération pour *cueillir* le Verre qui lui eſt néceſſaire. Quiconque concevra bien cette manœuvre, ſentira comment le ſel de Verre peut faire paroître la glace parſemée de petits nœuds: ces nœuds ne ſont que de très-petites parties de graiſſe, &, à la loupe, on voit diſtinctement le ſel de Verre qui les forme. Je m'en aſſurai d'une manière encore plus déciſive.

Après avoir laiſſé tomber le feu du fourneau, je jettai ſur du Verre, qui n'avoit aucune apparence de graiſſe, du *ſuin* en petite quantité. La graiſſe du 5.me degré fut très-ſenſible dans la glace que j'en avois fait faire.

Nos recherches ne ſeroient propres, tout au plus, qu'à ſatisfaire la curioſité, ſi elles s'étoient bornées à la découverte de la cauſe de la graiſſe. Nous n'en faiſons cas, que parce qu'elles nous ont fait connoître des moyens auſſi ſimples qu'efficaces, pour prévenir un des plus grands ennemis qu'ait à redouter le Maître de Verrerie.

Dans les Verreries, ſans avoir aucune idée de la cauſe du mal, on y avoit trouvé des remèdes : chacune a le ſien dont elle fait le plus grand ſecret. Parmi ces remèdes, le plus grand nombre ſont des palliatifs, & les autres des ſpécifiques. Jetons un coup-d'œil rapide ſur les uns & ſur les autres. Lorſque les Maîtres Fondeurs s'apperçoivent que leur Verre eſt gras, ou qu'il tend à la graiſſe; les uns y mêlent à pluſieurs repriſes de

la manganèſe en poudre ou en pierre, de l'arſenic, de la pouſſière de charbon, des écorces d'arbre, ſur-tout de tremble, de ſaule, de bouleau, &c. les autres remuent fortement leur Verre avec un bâton de ſept à huit pouces de circonférence de bois verd de tremble, de tilleul, de frène, de coudries, de ſaule, &c.

Ces moyens ne détruiſent qu'imparfaitement la graiſſe; elle reparoît en partie peu de tems après l'opération ou pendant le travail, & il eſt très-rare que le Verre ne conſerve pas quelque choſe de louche. La raiſon de l'inſuffiſance de ces moyens eſt ſenſible; avec quelque ſoin qu'on les applique, ils n'agiſſent jamais également ſur toutes les parties du verre contenu dans un creuſet: d'ailleurs ils ont trois inconvéniens qui devroient les faire proſcrire; 1.° ils prennent un tems précieux; 2.° ils font perdre beaucoup de Verre, parce qu'ils le bourſoufflent au point de lui faire paſſer les bords du creuſet; 3.° il réſulte conſtamment de cette agitation violente qu'ils cauſent dans le Verre, qu'il s'affine mal, qu'il reſte infecté de bulles, & qu'il prend imparfaitement la couleur de la manganèſe. Il y a un petit nombre de Verreries, qui emploient des moyens bien plus efficaces, & qui peuvent même être regardés comme des ſpécifiques; les unes, au-lieu de potaſſe blanche, ne font entrer dans la compoſition de leur Verre, que de la potaſſe rouge: le phlogiſtique dont cette dernière abonde, ſuffit pour volatiliſer le *ſuin* & prévenir ſûrement la graiſſe; les autres mêlent exactement à leur compoſition faite avec la potaſſe blanche, un certaine quantité de pouſſière de charbon de bois; le phlogiſtique du charbon produit néceſſairement le même effet que celui de la potaſſe rouge.

Il n'y a que des hommes très-intelligens & très-expérimentés, qui puiſſent faire une application heureuſe de ces deux moyens: pour peu que la potaſſe rouge ſoit *maigre*, peu onctueuſe, trop chargée de ſel de verre, la compoſition fondra *gras*. Si la potaſſe rouge eſt fraudée, ce qui eſt commun, ſi

elle eſt infectée de matières hétérogènes de ſuie, de ſuc, de ſumier, de terre argilleuſe, la compoſition fondra difficilement, le verre ſera d'un verd jaune déſagréable, & il prendra mal la couleur de la manganèſe ; ſi l'on ne mêle pas à la compoſition une ſuffiſante quantité de pouſſière de charbon, elle fondra plus ou moins *gras* ; ſi l'on y en mêle une trop grande quantité, le Verre ſera d'un verd-jaune peu ſatisfaiſant, & il ne prendra qu'imparfaitement la couleur de la manganèſe. Il eſt d'autant plus difficile de trouver la vraie proportion de la pouſſière de charbon, qu'elle doit être relative à la pureté des matières de la compoſition & à la quantité de ſel de Verre, dont la potaſſe eſt chargée. Ajoutons qu'il eſt très-rare que la pouſſière de charbon ne faſſe bourſouffler la fonte, de façon à en faire ſortir une partie hors du creuſet : l'expérience prouve que ce ne ſont pas des craintes mal-fondées que nous cherchons à inſpirer.

Les moyens que les Verreries mettoient en uſage, étant tous ou inſuffiſans ou d'un effet incertain, ou ſujets à de grands inconvéniens, il étoit naturel que nous ne négligeaſſions rien pour en découvrir de meilleurs, d'auſſi propres à remplir les vues du Maître de Verrerie, qu'à contribuer au bien du Public. C'eſt à quoi nous nous ſommes appliqués avec une nouvelle ardeur ; nous pouvons nous flatter que nos recherches n'ont pas été ſans ſuccès.

Les proportions de la troiſième compoſition, que nous avons données dans notre Mémoire ſur la perfection de la Verrerie, ſeroient un moyen infaillible de prévenir la graiſſe ; mais il ſeroit trop diſpendieux pour le Maître de Verrerie en aſſortiment : s'il faiſoit entrer plus du tiers de ſel alkali fixe dans ſes compoſitions, il ne pourroit ſoutenir avec avantage la concurrence.

Certain que le fiel de Verre produiſoit la graiſſe, je cherchai à rendre l'effet impoſſible, par la deſtruction même de la cauſe. Les quantités différentes d'eau que le ſel alkali fixe

& le ſel de verre de potaſſe, le tartre vitriolé, demandent pour leur diſſolution, m'en fournirent un moyen auſſi ſûr que ſimple.

Je plaçai ſur un tonneau une couverture de laine en quatre doubles, je mis ſur cette eſpèce de philtre deux cens livres de potaſſe bien calcinée & bien écraſée, & je verſai ſur cette potaſſe autant d'eau chaude qu'il en falloit, ou à peu de choſe près, pour remplir le tonneau. Après l'opération, je trouvai ſur le philtre une quantité aſſez conſidérable d'un ſel blanc, en cryſtaux parallélepipèdes, & qui ne faiſoient aucune effer-veſcence avec les acides, en un mot, du vrai tartre vitriolé. A la troiſième diſſolution, philtration & évaporation, il ne reſta point ou preſque point de fiel de verre mêlé avec le ſel alkali fixe. On peut faire la diſſolution à l'eau froide, & dans ce cas deux philtrations ſuffiſent; mais l'opération eſt longue, & elle exige une plus grande quantité d'eau: une partie de ſel alkali fixe ainſi purifié, combinée avec deux parties de ſable, ſe met promptement en fuſion, & le Verre qui en réſulte, ne donne aucun veſtige de graiſſe. Nouvelle preuve démonſtrative que le *ſuin* eſt la cauſe de la graiſſe.

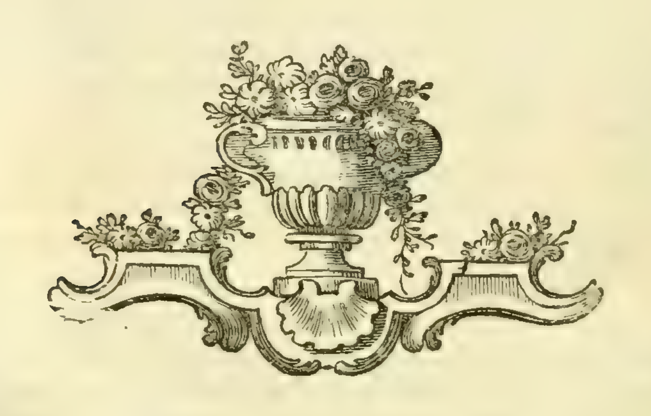
Cette découverte eſt non-ſeulement utile à l'Art de la Verrerie, mais elle offre auſſi une reſſource importante à la teinture & même à la Médecine. Nous aurons peut-être un jour occaſion de développer ces idées.

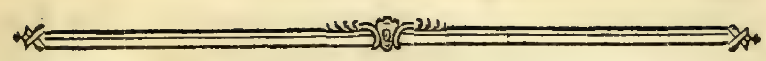
Quelque ſimple que ſoit le moyen que nous venons d'indiquer, pour prévenir la graiſſe, il pourroit arriver qu'il ne fût pas du goût de tous les Maîtres de Verrerie. Nous pouvons leur en fournir un autre auſſi efficace, qui demande encore moins d'appareil, & qui n'eſt pas moins applicable au ſel de ſoude & au nitre alkaliſé, qu'à la potaſſe.

La chaux fuſée à l'air ou éteinte à l'eau, à grand feu, augmente conſidérablement la fluidité du Verre: cette chaux eſt très-propre à volatiliſer le ſel de verre: on peut donc trou-

ver, dans la chaux, un moyen infaillible de prévenir la graiſſe. Un très-grand nombre d'expériences m'en ont convaincu : ces mêmes expériences m'ont appris, que la meilleure proportion dont on puiſſe faire uſage dans l'emploi de la chaux, étoit un douzième de la compoſition, c'eſt-à-dire, que ſur cent livres de bonne potaſſe blanche, & cent ſoixante & quinze livres de ſable, on doit mettre vingt-cinq livres de chaux.

Je n'ignore pas que l'uſage de la chaux eſt connu dans les Verreries d'Allemagne & dans quelques-unes d'Alſace ; mais je ne ſache pas qu'aucune l'emploie dans la vue de prévenir la graiſſe, & qu'elle ait une régle certaine ſur la quantité à faire entrer dans la compoſition.





MÉMOIRE
SUR
LES FORGES DE LA BRETAGNE,

Notamment sur celles des Salles & de la Noüée; avec quelques Observations sur la Méthode ordinaire de couler les Canons, & celle que l'on y pourroit substituer.

Par. M. DUHAMEL, Correspondant.

Les Forges des Salles sont situées à quatre lieues de Pontivi, elles appartiennent à M. le *Duc de Rohan*; elles consistent en un grand fourneau à fondre les minerais, deux affineries & une chaufferie. Présenté en 1776.

Le grand fourneau a vingt-deux pieds de haut, à compter de la pierre de fond jusqu'au gueulard, la masse en est construite depuis deux ans & avec beaucoup de solidité; ce qui étoit facile avec les pierres que l'on y a employées, qui se tirent à dix pas du fourneau, c'est de l'ardoise grossière ou chiste qui se lève par grandes tables très-unies, de 4, 5, 6, jusqu'à 10 pieds de long & de bonne épaisseur; l'on n'a point employé de chaux à cette bâtisse, qui n'a encore éprouvé aucunes lésardes, quoique l'on y ait déjà fait plusieurs fondages: cependant les fentes se manifestent ordinairement dès le premier.

Les parois intérieures de ce fourneau sont en moëlons de grais, & l'ouvrage ou creuset avec de pareilles pierres, mais

qui ſont taillées; celles-ci réſiſtent à la violence du feu pendant tout un fondage qui eſt de ſix à huit mois, & elles ne ſont que légèrement endommagées; celles des parois ou chemiſes, n'éprouvant pas le même degré de feu, tiennent pluſieurs fondages. La partie ſupérieure du fourneau, depuis le gueulard juſqu'aux échelages, eſt ronde comme dans les fourneaux de la Suède.

Deux grands ſoufflets de bois à l'ordinaire, mis en mouvement par une roue, donnent le vent à ce fourneau, c'eſt dommage qu'avec une auſſi belle chûte d'eau, qui eſt de dix-huit pieds, on ne faſſe pas uſage des trompes, il en réſulteroit une grande économie & un vent plus égal.

Un canal, qui paſſe au-deſſous de la digue de l'étang, fournit continuellement de l'eau dans une grande huche, où elle remonte au niveau de celle de l'étang; & de la huche, qui eſt en bois, elle eſt conduite ſur la roue qui fait mouvoir les ſoufflets.

Les minerais, qui ſe fondent dans ce fourneau, ſe tirent de différens endroits à deux lieues à la ronde, les veines ou les couches qui les fourniſſent, ont rarement de la ſuite, & lorſqu'il s'en trouve quelques-unes dans le cas de donner de très-bon minéral en profondeur, elles ſont abandonnées auſſi-tôt que l'on a trouvé de l'eau, & cela faute d'avoir cherché les moyens d'en faire les épuiſemens; de cette manière on attaque beaucoup d'endroits à-la-fois, afin de pouvoir tirer aſſez de mine pour alimenter le fourneau, tandis qu'une, deux ou trois veines bien ſuivies dans la profondeur, ſeroient préſomptivement plus que ſuffiſantes, & donneroient des minerais plus égaux en qualité & en richeſſe, qui empêcheroient les inconvéniens dont j'aurai occaſion de parler dans la ſuite de ce Mémoire.

Les minerais de tous les environs, ſont, pour la majeure partie, des mines limonneuſes; c'eſt ce qui fait que les veines qui

qui les contiennent n'ont pas toujours une ſuite bien conſtante; il s'en trouve néanmoins de peſante & auſſi compacte que la pierre hématite & riche en fer, toutes les autres ſont légères & terreuſes; tous ces minerais n'affectent aucune forme régulière, &, mêlés enſemble au fourneau, ils ne rendent que trente à trente-cinq livres de fer de gueuſe par cent, qui, perdent un tiers aux affineries, en ſorte qu'il ne reſte que vingt à vingt-deux livres de fer fabriqué, par cent de mine.

Comme tous ces minerais ont pour baſe une terre argilleuſe, il leur faut pour fondant des matières calcaires; la diſette de la pierre à chaux dans cette partie de la Bretagne, a fait recourir aux coquilles d'huître pour ſervir de caſtine; on les tire du Legué, petit Port de mer près de S. Brieuc, éloigné de dix lieues de cette Forge; elles coûtent trois livres la barique, rendue ſur le lieu. Caſtine.

La fonte que l'on retire de la fuſion des mines, eſt partie coulée en gueuſes, dont on fabrique le fer marchand, ainſi qu'il ſera dit plus loin, & l'autre partie eſt tout de ſuite moulée en marmites & autres uſtenſiles de cuiſines, en manivelles pour les machines hydrauliques des mines de Poullaouën, pillons de bouard, &c. Emploi de la Fonte.

Le fourneau rend de cent dix à cent trente milliers de fonte par mois, tant en gueuſes qu'en mouleries; la fonte eſt d'une aſſez bonne qualité pour certains uſtenſiles, mais je ne penſe pas qu'elle fût propre à faire des canons; elle n'eſt pas aſſez égale, il s'en trouve de blanche mêlée avec la griſe; l'on ſait que la première eſt trop dure & trop caſſante pour cet uſage; cet inconvénient, dont j'aurai occaſion de traiter plus amplement en parlant de la fonte des canons, ne ſe fait que trop fréquemment appercevoir aux mines de Poullaouën, par la rupture des manivelles, qui ſont des pièces coûteuſes & qui exigent du tems pour être miſes en place.

La différence, qui ſe trouve dans cette fonte, vient de la

variété des minerais, dont les proportions ne ſont pas toujours les mêmes dans les charges du fourneau, & de ce que le charbon eſt plus ou moins humide ou ſec, vieux ou nouveau, dur ou tendre, & en général de ce que l'on charge trop de mine relativement à la quantité de charbon; ce qui fait une économie pour le fermier, mais dont il ne réſulte que trop ſouvent que de la fonte blanche, mal digérée & qui n'eſt propre ni à faire de bonnes mouleries ni de bon fer. Il ſeroit à deſirer que l'on ſuivît la méthode de M. le *Comte de Buffon*, pour les charges des fourneaux, dont nous aurons encore occaſion de parler, l'on auroit de bien meilleur fer dans le commerce: mais il faut convenir que pluſieurs raiſons ſemblent s'y oppoſer; la première, c'eſt que, pour faire du fer doux & nerveux, il en coûte plus de charbon au fourneau de fonte, ou, ce qui eſt la même choſe, qu'avec la même quantité de charbon on fait moins de fonte; la ſeconde, eſt que la fabrication du fer doux eſt plus lente que celle du fer caſſant, le premier étant plus dur au marteau, plus ſujet à être pailleux, & plus difficile à paſſer aux eſpatards & taillans de la fenderie; la troiſième, que les Maîtres de Forge ne vendent le fer doux que très-peu de choſe de plus que le caſſant, & qu'il coûte communémennt un tiers en ſus à fabriquer.

De la réduction du Fer de Gueuſe, en Fer Marchand.

L'ON SUIT, aux Forges des Salles, la méthode du Berry & de l'Angoumois, pour raffiner le fer, c'eſt-à-dire, que la gueuſe étant une fois paſſée aux affineries & convertie en loupes, & ces loupes en encrenées, on porte celles-ci dans un autre foyer que l'on nomme *Chaüfferie*, où elles reçoivent toutes les chaudes néceſſaires pour les étirer ſous le gros marteau, & leur faire prendre la forme & les dimenſions convenables.

Je ne m'arrêterai pas à agiter la queſtion de ſavoir ſi cette

méthode eſt préférable à celle de la Bourgogne, où l'on travaille en renardières, dans leſquelles on perfectionne le fer ſans le ſecours de la chaufferie; je dirai ſeulement aujourd'hui que, par ce travail en renardières, l'on économiſe un peu de charbon; que l'on a voulu introduire cet uſage dans les Forges du Berry, mais qu'il n'a pas été ſuivi: le Maître de Forge qui en a fait l'eſſai, prétendant qu'il ne faiſoit pas autant de fer, qu'en ſe ſervant d'une chaufferie; ceci eſt une affaire de ſpéculation de la part des Maîtres de Forge, qui font leurs calculs ſuivant la cherté des bois; car, dans les endroits où il ſera à bon marché, comme aux Forges d'Ardantes en Berry, on négligera toujours de chercher les moyens de les économiſer, pour ne s'attacher uniquement qu'à faire beaucoup de fer, ſans même s'embarraſſer de la qualité, ainſi que je l'ai dit ci-deſſus.

L'on ſent aſſez les inconvéniens de cette pratique, ſans que je m'arrête à les détailler, il me ſuffira de dire, que l'on devroit être plus attentif à faire uſage des moyens les plus convenables pour l'économie des bois, qui ne deviennent que trop rares; je n'en connois pas de meilleurs, pour y parvenir, que de ſuivre la méthode des Forges Catalanes.

L'on ne ſe ſert que de marteaux de fonte à la Forge des Salles, ils caſſent fréquemment; c'eſt pourquoi on a ſoin, à chaque fondage, d'en mouler une bonne proviſion, afin de n'être pas dans le cas d'en manquer, ils pèſent huit cens livres. Marteaux.

Outre les uſines dont il eſt ci-devant queſtion, cette Forge a encore une refenderie, où la plus grande partie du fer eſt réduite en verges de différentes dimenſions, pour en faire des clous. Cette fenderie reçoit l'eau du même étang qui ſert au grand fourneau avec la même chûte de dix-huit pieds; elle eſt, en général, mal conſtruite, les lanternes dans leſquelles engrainent les rouets, ont dix-huit pouces dans œuvre, ce qui eſt beaucoup trop, & ce qui occaſionne la rupture des fu- Fenderie.

ſeaux; les roues qui devroient être à augets, la chûte de l'eau étant aſſez conſidérable pour les faire aller en-deſſus, ſont à aubes ou palettes, ce qui leur fait dépenſer le double d'eau, & en général elles ſont mal conſtruites.

Les Roues.

Le Four à reverbère, ſervant à chauffer le fer, pour être paſſé à la fenderie, eſt aſſez bien entendu. Le Maître de cette Forge m'a dit, que ce déchet du fer, dans l'opération de la fenderie, eſt de ſoixante livres par millier, ce qui fait ſix pour cent, que les écailles qui en réſultent, ſont rejetées comme de nulle valeur.

Le Four de Reverbère.

Déchet du Fer.

Il y a quatre roues à la Forge; ſavoir, deux pour faire mouvoir les ſoufflets des deux affineries, la troiſième pour la chaufferie, & la quatrième eſt celle du marteau; toutes ces roues ſont à augets & paſſablement conſtruites, elles tournent en-deſſus avec une chûte d'eau de quinze pieds; la même qui a ſervi au grand fourneau & à la fenderie, ſe rend dans un étang au-deſſous & ſert aux quatre tournans de la Forge, dont nous venons de parler.

En outre les deux étangs du fourneau & de la Forge, il y en a un troiſième au-deſſus & à un quart de lieue, qui eſt le plus conſidérable, il a vingt à vingt-cinq arpens de ſurface, un petit ruiſſeau fournit l'eau à ces étangs, qui ſe rempliſſent en hiver; mais cette Forge manque d'eau pendant quatre à cinq mois de l'été; c'eſt pourquoi elle ne peut fabriquer qu'environ quatre cens milliers de fer marchand par année.

Quantité de Fer par année.

Comme tout le fer, qui ſe fabrique dans cette Forge, eſt très-caſſant à froid, on en convertit la majeure partie en verges à la fenderie, qui, comme je l'ai déjà dit, eſt deſtiné à être mis en clous; il eſt envoyé à Vannes & embarqué pour Bordeaux & autres Ports.

Qualité du Fer.

M. le *Duc de Rohan*, propriétaire de cette Forge, fournit, ſuivant ce que m'en a dit le Directeur, deux cens arpens de

bois taillis par année à ſon Fermier, à raiſon de ſoixante livres par arpent, ce qui fait douze mille livres; le Fermier ne retire qu'environ cinq milles cordes de ces deux cens arpens, parce que les taillis ne ſont pas bien fournis, & qu'on les lui livre, tant plain que vide; ce qui fait revenir la corde à environ deux livres huit ſols, les fagots payant à-peu-près la façon des cordes.

Lorſque les bois provenans des deux cens arpens cédés par le bail, pour chaque année, ne ſont pas ſuffiſans, le Fermier s'en procure des particuliers. Le Directeur m'a aſſuré, qu'alors la corde lui revient de cinquante ſols à trois livres, elle eſt de huit pieds de long & quatre de haut, la longueur des buches de deux pieds & demi.

Le Seigneur fournit *gratis* quatre-vingt hêtres par chaque année, pour les manches de marteau. Le Fermier eſt reſponſable des incendies, tant pour la Forge que pour les forêts où il fait travailler. Manche de Marteau.

Si je ne ſuis pas entré dans des détails plus étendus ſur les fourneaux, les uſines & la fabrication du fer, c'eſt qu'il n'y a rien qui mérite d'être décrit, la façon de travailler étant exactement la même que celle qui eſt en uſage dans le Berry, le harnois du marteau y étant également à grand drome.

Forges de la Noüée.

CES FORGES ſont ſituées à cinq lieues de Pontivy & à quatre de Lominé, elles ſont bâties ſur les Domaines de M. le *Duc de Rohan,* qui a cédé l'emplacement à une Compagnie qui a fait conſtruire ces Forges il y a dix-neuf ans; cette Forge a coûté, ſuivant le Directeur, homme fort inſtruit, trois cens vingt-cinq milles livres, ce qui eſt très-probable, non par la beauté ni la ſolidité des maiſons, machines, &c. mais 1.° à cauſe des grands bâtimens qui ont été conſtruits pour ſervir d'attelier à mouler, forer & tourner les canons que l'on comp-

toit y faire, & qui, n'ayant pas réussi, ainsi que nous le dirons plus bas, sont devenus presque inutiles; 2.° par rapport au canal qui amène l'eau sur les roues, il a 1800 toises de longueur & trente pieds de largeur réduite; il a été fait de niveau, afin de ne pas perdre de chûte, il reçoit l'eau de la rivière de Lié, qui, rendue sur les tournans, a dix-huit pieds de chûte; elle manque très-rarement. La construction de ce canal, ainsi que de la chaussée qui force l'eau de la rivière à y entrer, ont été dirigés par M. *Laurent*, moyennant la somme de 72,000 livres.

La Compagnie a fait un traité avec M. le *Duc de Rohan*, qui porte qu'elle jouira de cette Forge pendant vingt-six années consécutives. Ce Seigneur s'est obligé de fournir de ses forêts, qui sont à portée de la Forge, huit milles cordes de bois par an, pour lesquelles la Compagnie donne une somme convenue; si elle a besoin, dans certaines années, de 4,000 cordes de plus, le Seigneur s'est engagé de les fournir à cinquante sols la corde; mais ce n'est que dans le cas où les Fermiers ne trouvent pas à s'en procurer à meilleur marché dans les environs; car ils sont les maîtres de ne prendre que les huit mille cordes qui sont d'obligation, & ils achetent le surplus des particuliers. Je tiens tout ceci du Directeur de la Forge.

Grands Fourneaux.

Cette Forge a, pour fondre les minerais, deux grands fourneaux qui, alternativement, sont en feu, aussi-tôt que l'un est arrêté, l'autre, qui y est attenant, est mis en feu, au moyen de quoi il y a rarement de l'interruption. Ces fourneaux sont construits comme celui des Salles, mais les pierres n'étant pas aussi belles à la Nouée, ils n'ont pas la même solidité, ils sont lésardés en plusieurs endroits: il y a deux grands soufflets de bois à chacun de ces fourneaux qui sont mûs par deux roues de seize pieds de diamètre & trois de large, elles sont à augets & reçoivent l'eau pardessus, au moyen de la chûte dont il a déjà été question.

Les minerais que l'on emploie dans cette Forge, ſe tirent communément de deux à trois lieues des Forges, ils ſe paient ſept livres la pippe; ſavoir, trois livres dix ſols pour l'extraction & autant pour le tranſport. Il n'y a pas plus d'ordre ici pour l'extraction des minerais, qu'aux Forges des Salles, il n'y paroît pas de filons réglés. Lorſque les payſans, qui travaillent ou font les fouilles de ces minerais, n'en trouvent plus aſſez abondamment dans un endroit, ou qu'ils ont rencontré de l'eau, ils l'abandonnent pour fouiller ailleurs; quand ils ſont parvenus à une dixaine de pieds de profondeur, ils placent un treuil fort mal fait ſur l'embouchure de leur trou, ils y mettent une corde & un panier au bout pour monter la mine; lorſqu'ils en ont une certaine quantité de ſortie, ils la lavent eux-mêmes dans un petit courant d'eau le plus à portée, & elle eſt enſuite conduite à la Forge: ce lavage eſt pour lui enlever la partie terreuſe & argilleuſe dans laquelle elle ſe trouve. Minerais.

Toutes les eſpèces de mines, qui s'emploient dans cette Forge, ſont ainſi que celles des Salles, limonneuſes, il s'en trouve aſſez fréquemment en Géodes & quelquefois avec des empreintes de coquillages de mer. Comme ces minerais ſe tirent de différens endroits, que les uns ſont plus riches en fonte que les autres, qu'ils ſont plus ou moins réfractaires, on les mêle en les jetant dans le fourneau.

Le Directeur de cette Forge m'a dit avoir fait charger le fourneau avec les minerais les plus riches, qui ſont en pierres aſſez compactes, ſans les mêler avec d'autres plus pauvres & plus légères, que la fonte qui eſt provenue de ces mines riches s'eſt trouvée de la plus mauvaiſe qualité, & qu'il n'étoit pas poſſible d'en faire du fer qui pût paſſer dans le commerce, on a donc ſoin de faire fondre les mines riches en fer avec les plus terreuſes.

Si l'on n'a pas réuſſi à obtenir de bonne fonte des minerais

riches fondus séparément, je suis très-persuadé que c'est parce que l'on en a porté autant à chaque charge que des pauvres, & que l'on n'y a pas plus ajouté de castine; alors il est arrivé que ce minerai, ainsi que la castine, n'ont pas assez fourni de laitiers, que par-là le fer s'est trouvé trop exposé à l'action du vent & de la grande chaleur en passant vis-à-vis la tuyere & même étant rendu dans le creuset, c'est ce qui a dû détruire une partie du métal, qui, à coup-sûr, s'est converti en une espèce de mâche-fer très-tenace & non coulant, & a embarrassé le fourneau; car on sait que le contact de l'air détruit ou plutôt enlève très-promptement le phlogistique au fer; dans cette circonstance, l'on ne peut obtenir que de la fonte blanche & fragile ou très-noire & à grandes écailles, le fer forgé qui résulte de ces deux espèces de fonte, ne peut pas manquer d'être d'une très-mauvaise qualité.

Les inconvéniens ci-dessus ne seroient pas arrivés, si on eût moins chargé le fourneau de la mine riche dont il est question, & que l'on y eût ajouté plus de castine sans diminuer la quantité de charbon, & je suis persuadé qu'alors on seroit parvenu à faire de bien meilleure fonte.

Quoique l'on mêle les minerais pauvres avec les riches, le fer qui en provient n'est pas nerveux, il n'est néanmoins pas aussi cassant que celui de la Forge des Salles; sa défectuosité lui vient aussi de ce que la fonte n'est pas bien digérée ni purifiée au fourneau de fusion, parce que l'on charge trop de mine relativement à la quantité de charbon, ainsi que je l'ai dit en traitant de la Forge des Salles; mais, je le répète, l'inconvénient est, que l'on feroit moins de fer, qu'il coûteroit beaucoup plus au Fermier, qui ne le vendroit pas à proportion de cette augmentation de dépense.

Castine. L'on emploie aussi, en cette Forge, des coquilles d'huîtres pour castine, mais on y mêle une terre calcaire, qui est rem-

plie

plie de petits coquillages & de fragmens de coquilles de mer; cette terre se tire de quelques lieues de la Forge.

Les deux fourneaux mis alternativement en feu, produisent chaque année environ quinze cens milliers de fonte, desquels il s'en moule trois cens milliers en bombes & boulets pour Brest, les douze cens milliers restant de fonte en gueuses, sont convertis en fer à deux affineries & une chaufferie, & rendent environ huit cens milliers de fer fabriqué; on compte ici un tiers de déchet sur la fonte, pour sa conversion en fer marchand. Quantité de Fonte par an.

Environ les deux tiers de ce fer est passé aux cylindres & taillans de la fenderie, pour en faire de la verge de différentes grosseurs, l'autre tiers est mis en fer marchand, suivant les échantillons demandés & vendu dans la Province, celui de fenderie est presque tout envoyé à Vannes où il est embarqué pour Bordeaux; tous ces fers se vendent actuellement dix-sept à dix-huit livres le quintal, quoiqu'ils ne soient pas d'une bonne qualité, mais ils servent aux Cloutiers, & à des ouvrages qui n'exigent pas un fer de la première qualité.

La grande quantité du fer de fenderie, qui se fait en cette Forge, permet d'y fabriquer jusqu'à un million de fer par an avec deux seules affineries & une chaufferie; car, pour la fenderie, on fait de grosses loupes que l'on réduit chacune en une seule barre, dont les dimensions sont très-fortes; après quoi la fenderie les réduit aux grosseurs requises, ce qui accélère beaucoup le travail de la Forge, mais ce qui, en mêmetems, contribue à la défectuosité du fer, quoiqu'il s'adoucisse un peu au fourneau de Reverbère, & que ses parties soient de nouveau rapprochées & alongées par les cylindres.

Outre les douze cens milliers de fonte ci-dessus, que l'on convertit en fer dans cette Forge, on y réduit aussi une assez

grande quantité de vieux canons de fer, que la Compagnie achete de la Marine, & qui, sans les couler en gueuses, sont mis en loupes dès la première opération : ce fer marchand qui en provient, est très-bon & nerveux, sans doute que ces canons viennent des Forges de l'Angoumois & du Périgord où l'on en coule depuis long-tems d'une fonte d'excellente qualité.

Les deux affineries & la chaufferie sont construites comme celles de la Forge des Salles, c'est-à-dire, à la manière du Berry; comme ces fourneaux n'ont rien de particulier, je n'en ferai pas la description. Un seul gros marteau de fonte, pesant environ un millier & à grand drome, forge tout le fer que ces fourneaux peuvent préparer; il y a aussi une refenderie. Toutes les Forges de la Bretagne se copient, pour la méthode de travailler le fer, ainsi que celles du Perche & de la Normandie.

L'air des Forges de la Nouée est pernicieux, tous les Ouvriers y sont attaqués de fièvres, sur-tout au printems & en automne.

Essais faits pour parvenir à faire des Canons.

M. *MARITZ* avoit été envoyé à la Nouée, lors de la construction de la Forge, pour voir s'il ne seroit pas possible d'y faire des canons pour la Marine du Roi; après avoir examiné les differens minerais, il décida qu'ils étoient très-bons à cet usage; en conséquence, on fit construire des bâtimens assez considérables, une forerie, & tout ce qui est nécessaire à ce genre de travail, l'on fit venir des mouleurs & autres ouvriers à grands frais. On coula d'abord quelques petits canons, qui ne réussirent pas bien, on en fit d'autres plus gros qui ne se trouvèrent pas meilleurs, parce que la fonte étoit toujours trop dure pour pouvoir la tourner & la forer. Le Directeur de la Forge fit charger le fourneau avec d'autres minerais moins riches en fer que les premiers que l'on avoit employés;

alors on obtint des canons d'une fonte beaucoup plus douce, ce qui devoit naturellement arriver, par les raisons ci-devant déduites; il se moula alors plusieurs canons, qui, ayant été mis à leur perfection, furent envoyés à Brest, où l'épreuve s'en fit, les trois quarts éclatèrent, ayant quelques parties de fonte blanche. Les Entrepreneurs se trouvèrent rebutés, ils abandonnèrent l'entreprise des canons avec toutes les avances qu'ils avoient faites pour cet objet; depuis ce tems, ils se sont bornés à faire des bombes, des boulets & autres petites mouleries, & à la fabrication du fer marchand.

Manière d'éviter les défauts dans les Boulets.

En examinant les boulets que l'on coule à cette Forge, je m'apperçus qu'il y en avoit beaucoup de manqués par le jet, c'est-à-dire, qu'il se trouve fréquemment un trou à l'endroit de la coulée, j'imaginai que cela ne pouvoit provenir que de ce que le jet étant beaucoup plus petit que le boulet, & recevant le contact de l'air, étoit refroidi, tandis que la fonte contenue dans la coquille étoit encore en fusion & dans son plus grand degré de raréfaction, qu'en refroidissant la fonte perd un peu de son volume, diminution qui ne peut avoir lieu, sans laisser un vide vers la partie supérieure qui est contiguë au jet, lequel étant déjà coagulé, ne peut plus fournir de matières pour remplir le vide que la fonte laisse en se condensant, d'où nécessairement il arrive qu'en cassant le jet, il reste un trou dans cette partie du boulet: pour éviter cet inconvénient qui les fait rebuter, j'ai conseillé de renverser les coquilles aussi-tôt que le jet est coagulé; alors s'il y avoit déjà un défaut de matières près le jet, cet espace se trouve rempli par celle qui est contenue dans la coquille & qui est encore en fusion, s'il reste alors un vide dans le boulet, il doit se trouver vers son centre, ce qui ne peut pas lui être préjudiciable.

Difficulté pour faire des bons Canons.

Il seroit difficile de faire constamment de bons canons à la Forge de la Nouée, par rapport à la variation des minerais, qui changent fréquemment de richesse & de qualité; l'on a essayé toutes les mines séparément & même mêlées dans dif-

férentes proportions, pour voir s'il en ſortiroit de meilleurs canons; mais il ne s'en eſt pas trouvé de parfaitement bons, ainſi que je l'ai déjà dit; car, dans le même canon, il y avoit des parties de fonte blanche, quoique tout le reſte fût de fonte griſe & douce: peut-être ſeroit-on parvenu à leur donner un certain degré de ténacité & de perfection, ſi celui qui étoit envoyé par M. *Maritz*, pour ſuivre ces opérations, n'avoit pas autant fait charger de mine dans le fourneau, relativement à la quantité de charbons de chaque charge, & que ces charges euſſent été plus petites & plus ſouvent répétées; mais, ſuivant notre théorie, à chaque changement de minerai, il auroit fallu faire de nouvelles expériences, qui ſont toujours fort coûteuſes en ce genre de travail.

Fonte Blanche pernicieuſe dans un Canon.

Il ne faut que très-peu de fonte blanche dans un canon, pour le rendre défectueux; c'eſt pourquoi il eſt de la plus grande conſéquence que la fonte ſoit, non-ſeulement griſe, mais d'un grain égal & ſerré; tout canon qui n'a pas ces qualités, n'eſt pas bon, s'il a des parties de fonte blanche, le foret n'y pénètre qu'avec peine, ces parties, au-lieu de ſe couper avec la langue de carpe, s'égrainent & laiſſent des chambres, les forets ſe trouvent auſſi-tôt gâtés & hors d'état d'aller en avant, il les faut remplacer par d'autres, ce qui occaſionne une perte de tems, & eſt ruineux pour l'Entrepreneur, qui ſouvent même ſe trouve obligé d'abandonner un canon aux trois quarts de ſa perfection, ne pouvant plus le forer ni le tourner pour en polir l'extérieur; premier inconvénient. Si, indépendamment de quelques parties de fonte blanche, l'on eſt parvenu à finir le canon, il eſt ſoumis à l'épreuve dans les Ports du Roi; s'il n'éclate pas à la première charge, il ſautera néceſſairement dans la ſuite; car il n'eſt pas poſſible que la fonte blanche réſiſte long-tems aux battemens du boulet, qui en détache toujours de petites parties & qui diſpoſe les autres à s'éclater; d'un autre côté, l'effort de la poudre & particulièrement la chaleur qu'elle communique au canon, lorſqu'il a tiré pluſieurs coups de ſuite, en dilate la matière juſqu'à un

Cauſes de la rupture des Canons.

certain point; &, comme la dilatation de la fonte blanche ne se fait pas en même proportion que celle de la grise, il en résulte une contraction plus forte dans des parties que dans les autres, ce qui a bientôt opéré la rupture entière du canon; autre inconvénient.

Ce petit exposé fait suffisamment voir que, pour faire de bons canons, il est nécessaire que la fonte soit grise, tenace & égale dans toutes ses parties, ce qui est d'autant plus difficile, qu'il faut, comme on l'a déjà dit, que les minerais soient constamment de la même qualité & richesse ou teneur en fer, à quoi j'ajouterai qu'il est aussi indispensable que les charbons dont on se sert dans l'opération de la fonte, soient non-seulement de la même qualité de bois, mais qu'ils soient également bien faits, c'est-à-dire, qu'ils n'aient pas été trop pressés par les Charbonniers; tous les Maîtres de Forge savent que le même bois donne des charbons de différentes qualités, suivant le plus ou le moins d'attention des Charbonniers, soit dans le dressage de leurs fourneaux, soit dans la conduite du feu, &c. la nature du terrain y met aussi de la différence: une chose encore à considérer, c'est le tems qu'il y a que les charbons sont faits, si, au commencement d'un fondage, l'on a employé de vieux charbons & qu'ensuite on en prenne de nouveaux faits, il en résultera un changement dans la qualité de la fonte, qui deviendra blanche & cassante, si l'on ne diminue pas la quantité de mine. Les différentes grosseurs des charbons contribuent aussi à faire changer la fonte; car quoique ordinairement on réserve les plus gros pour fondre, ils ne sont pas constamment de la même grosseur, si l'on fait plusieurs charges avec des charbons très-gros, & les suivantes avec de plus petites; il arrive que le minerai tamise ou passe en grande partie entre les grands charbons & se rend plus vîte qu'il ne faut à la hauteur des étalages du fourneau & même jusques vis-à-vis la tuyere, où il forme un trop gros volume à-la-fois, relativement à la quantité de charbons qui l'environne dans cette partie, d'où nécessairement il arrive de l'em-

barras dans l'ouvrage, & la fonte, qui n'est ni bien digérée ni assez chargée de phlogistique, se trouve être blanche.

Pour éviter cet inconvénient, il faudroit, à l'imitation de M. le *Comte de Buffon*, que ces gueulards ou beugnes des fourneaux, fussent construits en rond & de manière que les chargeurs pussent en faire le tour & charger également, & qu'avant de porter la mine & la castine sur les charbons que les chargeurs les arrangeassent bien en les battant avec une pelle, en cassant ceux qui seroient trop gros, enfin que l'on rendît la surface de la charge des charbons bien unie; de cette manière les minerais, même en petits grains, comme ceux de la Bourgogne, ne couleroient pas trop vîte entre les charbons.

Charbons mouillés.

Si, après avoir employé des charbons secs & qui n'ont pas mouillé, on en porte au fourneau qui ont été exposés à la pluie, il en pourra aussi arriver un changement dans la fonte; il est beaucoup d'autres inconvéniens provenant de la négligence des fondeurs & des chargeurs, de la construction des fourneaux, de la position de la tuyere, de la direction du vent, & autres qu'il seroit trop long de détailler ici, cette matière ayant d'ailleurs été traitée dans l'Art. des Forges, donné par l'Académie.

L'on voit, par ce détail, qu'il faut un homme éclairé dans cette partie, & beaucoup d'attention de sa part, pour éviter tous les inconvéniens ci-dessus, qui peuvent causer un grand préjudice, soit à l'Entrepreneur, soit dans le service de la Marine par la rupture des canons.

Corps étrangers pernicieux dans les Canons.

J'ai toujours pensé que les canons de fer éclatent, pour la majeure partie, à cause de l'inégalité de la fonte, & parce qu'en les coulant dans les moules, il passe avec le fer en fusion des corps étrangers, tels quelques parties de laitier, de charbons & même de mine qui n'est pas parfaitement fondue, ni par conséquent assez purifiée, pour faire un corps

homogène avec la fonte qui a tout le phlogiſtique qui lui convient.

Ces corps étrangers, entrant dans le moule, occupent un volume égal à la fonte qui en auroit pris la place, ſi ces parties ſe trouvoient vers le centre du canon, le mal ne ſeroit pas grand, puiſque le foret les enlèveroit; mais, comme leur poids ſpécifique eſt moindre que celui de la fonte, elles ſe rangent dans les bords, c'eſt-à-dire, que le plus ſouvent elles ſe trouvent dans l'épaiſſeur du canon, après qu'il a été foré; il y a donc une interruption des bonnes parties de la fonte, par l'interpoſition des mauvaiſes, qui néceſſairement lui ôtent beaucoup de ſa ſolidité, ſoit qu'elles ſe trouvent dans les parois intérieures du canon, auquel cas elles y occaſionnent certainement des chambres par les battemens du boulet & par la chaleur que la poudre produit, ſoit qu'elles ſe trouvent plus avant dans l'épaiſſeur du canon; car, dans ce cas, il y a pareillement diſcontinuité du bon fer tenace, &c.

Projet pour couler les Canons.

J'ai imaginé un moyen, qui, à la vérité, n'eſt pas ſans difficultés, mais qui, étant bien exécuté, pourroit réuſſir. Je le ſoumets au jugement de l'Académie; les inconvéniens qui réſultent de la méthode ordinaire, m'ont inſpiré le deſir d'en trouver une qui puiſſe les parer: la voici.

Premièrement, faire de la fonte de gueuſe auſſi pure qu'il eſt poſſible de l'obtenir par le procédé ordinaire, de la couler en petits lingots ou plaques, que l'on caſſeroit en morceaux.

Secondement, de fondre le fer ci-deſſus dans de grands fourneaux de Reverbère * en quantité ſuffiſante pour le canon qu'on voudroit mouler.

En procédant ainſi, la fonte deviendroit non-ſeulement égale dans toutes ſes parties, mais les laitiers & matières hété-

* Les Anglois coulent communément de cette manière les Cylindres des Machines à feu, qui ſont d'un très-bon fer. *Voyez* Mémoires de M. *Jars*.

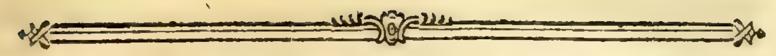
rogènes, comme plus légères, prendroient le dessus du bain & on les enlèveroit, ainsi que cela se fait en raffinant le cuivre dans les grands fourneaux de Reverbère, & lorsque la fonte seroit en parfaite fusion & bien écumée, on la feroit couler dans les moules préparés à cet effet.

Je crois que, par ce procédé, on parviendroit à obtenir de la fonte de fer parfaitement pure & égale; mais reste à savoir si elle ne seroit pas trop dure pour pouvoir aisément se forer & être passée au tour; car je suis moralement assuré qu'elle seroit plus dure que de la fonte grise de la première opération; mais tout me porte à croire qu'elle auroit beaucoup plus de solidité : en cas qu'il ne fût pas possible de la forer, il faudroit faire des moules à noyau, dont les canons sortiroient, pour ainsi dire, parfaits, &, suivant M. *de Buffon*, ils n'en seroient que meilleurs; je pense comme ce célèbre Académicien, qu'en tournant les canons, on leur enlève une croûte qui est la partie la plus tenace.

Un noyau assez parfaitement fait pour n'être pas obligé de passer le foret dans le canon, mettroit aussi dans le cas de laisser subsister la croûte intérieure, qui seroit beaucoup moins sujette à se chambrer, & je crois même à se rouiller, que dans les canons forés; si, d'un côté, en suivant ce que je propose ici, il en coûtoit plus à cause de la double opération de la fonte, de l'autre, on pourroit épargner celle du forage & du tour, &, à ce que je pense, ces dépenses peuvent se balancer.



OBSERVATION



OBSERVATION DE LA CRYSTALLISATION DU FER.

Par M. DE MORVEAU.

LA FUSION des métaux est une véritable dissolution par le feu le plus puissant des menstrues, la solidité qu'ils acquièrent par le refroidissement, est une vraie crystallisation qui s'opère par l'évaporation de la partie surabondante du dissolvant, & en s'appropriant, par la puissance de l'affinité, la partie de ce même fluide nécessaire à l'état de concrétion : ces vérités, dont j'ai essayé de montrer, en peu de mots, tous les rapports, en disant que le feu est exactement aux métaux, ce que l'eau est aux sels (1), n'ont échappé si long-tems à nos recherches, que parce que le travail de la fusion étoit abandonné à des gens que le besoin de jouir animoit plus que le besoin de savoir, le hasard leur en auroit offert les preuves, qu'ils auroient négligé de les reconnoître, faute d'en prévoir l'importance : l'observation est la source de la bonne physique ; mais c'est l'analogie qui forme l'Observateur & qui le tient attentif aux phénomènes qui échapent au vulgaire ; d'ailleurs les produits de la fusion subordonnés à mille accidens indifférens à l'objet de ceux qui en étoient occupés, ne présentoient pas cette constance de forme, cette régularité qui suppose une mécanique secrète, qui indique une sorte de progrès géométrique dans la composition de ces solides, qui nous servira peut-être un jour de microscope pour appercevoir les figures de leurs élé-

Présentée en 1775.

(1) Digressions Académiques ; *pages* 170 & 374.

mens, & qui déjà ne permettent plus de douter que c'eſt réellement à cette figure qu'ils doivent ce que nous appellons leurs propriétés.

On connoît depuis long-tems le culot étoilé d'antimoine, dont l'apparition ne ſervit d'abord qu'à bercer les eſpérances des adeptes; MM. *Macquer & Baume* ont obſervé la cryſtalliſation de l'argent & du cuivre; mais, lorſque j'ai entrepris le travail dont je vais rendre compte, je ne connoiſſois aucun Auteur qui eût parlé de celle du fer, j'ai, depuis, retrouvé deux paſſages où il en eſt fait mention; le premier, qui fait partie des obſervations recueillies par *Suedembourg* (1), annonce ſimplement, ſur le témoignage de *Zanichelius*, que le fer fondu & refroidi, montre de petites particules pyramidabes à quatre côtés : l'autre eſt de M. l'*Abbé Monnet*, qui, dans une Diſſertation ſur les Volcans d'Auvergne, place le fer au nombre des métaux, qui, comme l'argent & l'antimoine, prennent, en ſe refroidiſſant, une forme particulière (1). On me pardonnera, ſans doute, d'avoir penſé qu'ils ne rempliſſoient pas, à beaucoup près, tout ce que la curioſité de notre ſiecle a droit d'attendre de l'examen d'un pareil ſujet.

Voulant eſſayer, au mois d'Avril dernier, la converſion du fer en acier, par le cement de pouſſiere de charbon, dans le fourneau de M. *Macquer*, les ſupports du creuſet coulèrent en moins de trois heures, le creuſet fut renverſé ſur la grille preſque entièrement vide; je cherchai envain le lingot de fer, je ne trouvai que des ſcories; il étoit naturel de penſer qu'il s'etoit plutôt calciné que fondu; cependant la penſanteur de l'une de ces ſcories me fit ſoupçonner qu'elle pouvoit contenir quelques parties métalliques, je la fis chauffer pour l'eſſayer enſuite ſous le marteau; les premiers coups en déta-

(1) Suedembourg, Obſervations ſur le Fer, *page* 182.

(2) Journal de Phyſique, mois de Juillet 1774.

chèrent bientôt toute l'enveloppe vitreuse, & je vis déjà avec étonnement se former un petit barreau de la longueur d'environ trois pouces sur la largeur de six à sept lignes de chaque face ; je compris alors que le fer s'étoit réellement fondu dans cette opération, mais j'étois bien éloigné d'imaginer qu'il y eût eu tout-à-la-fois fusion & conversion, sur-tout dans aussi peu de tems, & le fer ayant ainsi été exposé au feu nud : cependant, ayant fait tremper ce barreau, il présenta, dans sa cassure, le plus beau grain d'acier que j'eusse jamais apperçu.

Cette Expérience avoit été faite à Montbard, chez M. le *Comte de Buffon* ; &, sur ce que je lui témoignai que j'avois le dessein de la répéter, & de ramener à un procédé sûr ce que le hasard seul avoit produit cette fois, il me remit plusieurs morceaux d'acier boursoufflé, comme étant plus disposé à se pénétrer de feu & à entrer en fusion; on appelle acier boursoufflé, les barres de fer qui sortent du fourneau de cementation, parce qu'en effet leur surface est remplie de soufflures plus ou moins considérables ; on sait encore que, dans cet état, les barres ne peuvent plus se forger à froid, qu'elles se cassent aisément, & que le grain de leur cassure ne ressemble ni à celui du fer, ni à celui de l'acier, ni même à celui de la fonte ordinaire; &, après avoir bien examiné toutes ces circonstances, je crois pouvoir dire qu'il n'y a rien de moins fondé que l'opinion où l'on a été long-tems, que l'acier de fonte étoit nécessairement plus parfait que l'acier de cementation, parce que le dernier ne pouvoit être purgé des parties hétérogènes qu'il contenoit : je suis très-persuadé que dans cette opération, le fer est amené à un point de fusion suffisant, pour que l'attraction qu'éprouvent les parties similaires pousse au-dehors tout ce qui leur est étranger ; il n'est pas même besoin de supposer que le cement sert de moule pour conserver aux barres cementées leur première forme, il suffit de se rappeller ce qui se passe dans la liquation, pour être convaincu qu'un métal ramolli par le feu peut laisser échap-

par son alliage sans arriver à l'état de fluidité. Cette théorie, que je ne fais qu'indiquer ici en passant, mériteroit, sans doute, d'être développée; mais elle m'écarteroit trop de mon sujet.

Le 23 Avril, je mis dans un creuset de plombnoir un morceau de cet acier boursoufflé, du poids exact de 9 gros 64 grains; j'imaginai d'en tenter la fusion sans autre fondant que cette espèce de laitier de fourneau qui est blanc, très-léger, comme écumeux, & qui, après avoir reçu l'humidité de l'haleine, fait entendre un craquement dans toutes les parties de sa surface; il y eut fusion parfaite en deux heures & demie de tems, au fourneau de M. *Macquer*, le culot bien arrondi pesoit 10 gros, 2 grains, ce qui faisoit une augmentation de 10 grains, que j'attribuai sans hésiter aux parties de fer que contenoit le laitier & qui s'étoient réunis au culot; toute la sursurface de ce culot étoit couverte de lignes entrecoupées régulierement comme une hachure, &, formant un relief très-sensible, à la réserve d'un seul endroit de la surface supérieure que l'air avoit frappé, parce que le flux n'étoit pas assez abondant & qui avoit un coup-d'œil de fer brûlé.

Je compris bien dès lors, que ces protubérances n'étoient pas un pur effet du hasard; mais j'étois bien éloigné de penser que je parviendrois à les produire à volonté avec toutes sortes de terres ferrugineuses dans tous les états, en employant des flux très-différens, & qu'elles serviroient ainsi à prouver contre l'opinion presque générale d'identité du fer que contiennent les mines de ce métal.

Ce fut en travaillant à la recherche du procédé de M. *Bouchu*, pour l'essai de ces sortes de mines, que j'eus occasion de revoir le phénomène de cette crystallisation, & il se montra si souvent, si constamment le même, que bientôt je ne

Voyez N.° 208.

fus plus ſurpris que de ce que M. *Bouchu* n'en avoit pas fait mention une ſeule fois dans ſes manuſcrits, où il avoit rendu compte de plus de 4000 eſſais de mines de fer, & où il avoit décrit avec exactitude juſqu'aux nuances des produits; cette circonſtance, qui n'auroit pu lui échapper, me parut établir la ſupériorité de mon procédé ſur le ſien, parce que s'il n'a point obſervé ce phénomène, c'eſt que ſa fonte n'étoit pas ſi parfaite, ou qu'il étoit peut-être obligé de frapper ſon creuſet pour favoriſer la réunion des parties de métal fondu: or, à s'en tenir même à cette dernière ſuppoſition, ſon flux n'avoit pas toutes les qualités convenables, puiſque le régule ne le traverſoit qu'à l'aide d'une percuſſion; il ne pouvoit rien conclure de ſes eſſais, dès qu'il n'étoit pas parvenu à donner toujours à ſes fondans un égal degré de fluidité & d'équipondérance, par la connoiſſance même de la nature des corps unis à la terre métallique; c'eſt ce que je crois avoir prouvé dans le Mémoire deſtiné à publier la méthode de ces eſſais, pour tenir lieu du ſecret que la veuve de M. *Bouchu* a refuſé de donner pour le prix qui lui en étoit offert par les Etats de Bourgogne.

Cependant je crus devoir ſuſpendre mes Expériences ſur les mines de fer, pour les diriger plus particulièrement ſur la cryſtalliſation de ce métal, & j'en fis des deux ſortes: *les unes*, pour m'aſſurer ſi la nature du flux environnant, n'avoit pas quelque part à ces produits: *les autres*, pour vérifier ſi je les obtiendrois toujours ſemblables en employant le fer & la terre ferrugineuſe dans tous les différens états poſſibles; & les réſultats ont été très-ſatisfaiſans.

1.° J'ai eu des culots cryſtalliſés de la même manière, en employant ſucceſſivement pour fondant le ſel de tartre, le ſel marin, le ſel de Glauber, le borax, le ſel neutre arſenical, tous ces ſels mêlés d'un peu de verre & de pouſſière de charbon; enfin le pur laitier blanc ſpongieux de fourneau de fer, qui eſt, comme

l'on ſait, la partie la plus légère du verre, qui ſe forme avec l'argille & la terre calcaire.

2.° J'ai obtenu les mêmes culots avec la même cryſtalliſation, en traitant ſucceſſivement les mines de Peſme & de Juſſey, données comme les extrêmes des bonnes & mauvaiſes qualités, la pierre d'aimant, l'hématite, les gîtes ferrugineux, la chaux, les précipités de fer, le fer lui-même, enfin l'acier d'Allemagne & d'Angleterre.

Ainſi, cette opération devient, par-là, intéreſſante pour les Sciences & pour les Arts : pour les Sciences, par les rapports qu'elle préſente de la formation des régules métalliques avec les concrétions régulières des corps cryſtallins, & en ajoutant un fait à ceux qui nous ont déjà conduits ſur la route de la vraie théorie de leur compoſition : pour les Arts, en achevant de détruire le préjugé de la diverſité eſſentielle des eſpèces de fer contenues dans les différentes mines.

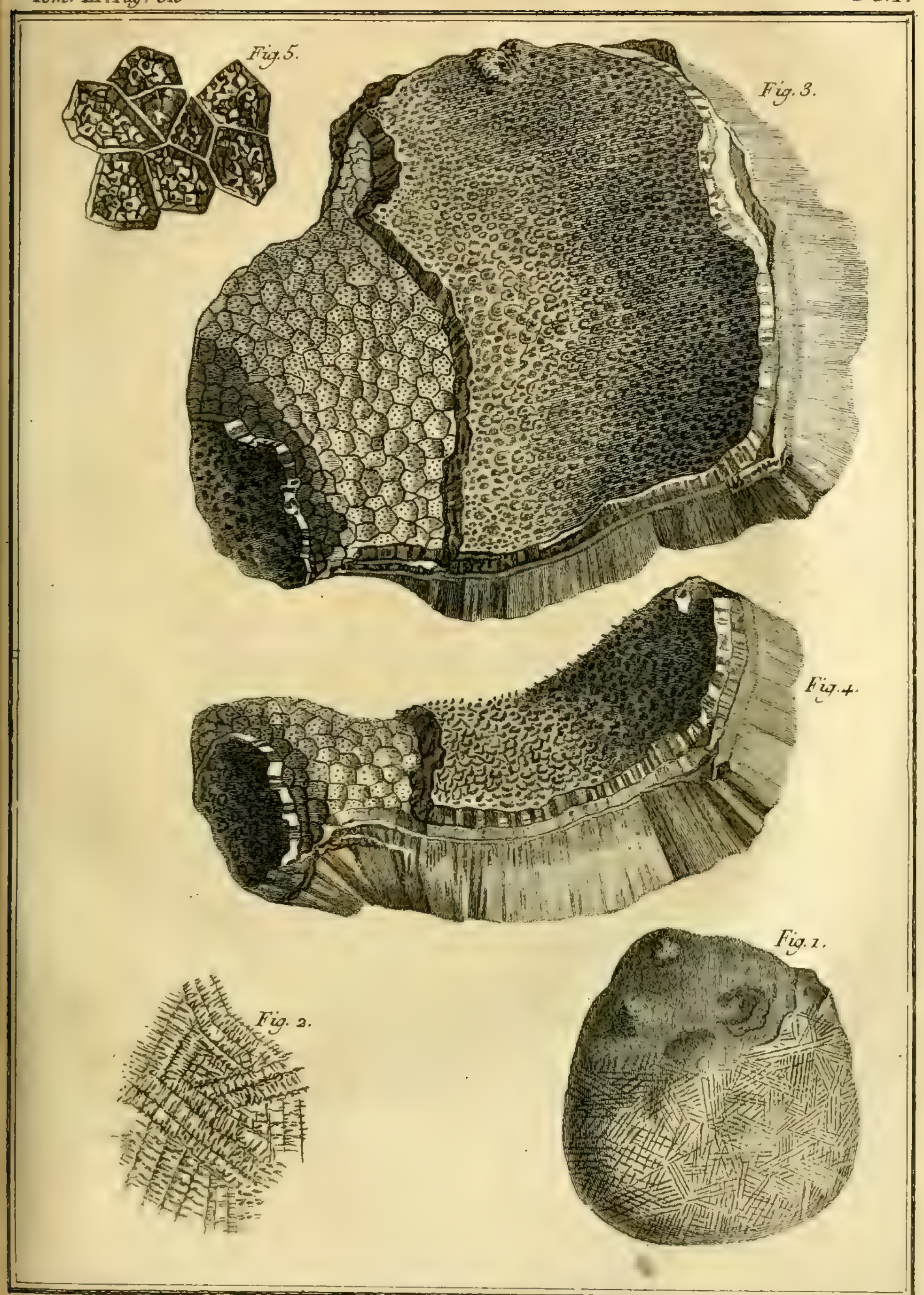
POST-SCRIPTUM.

L'Auteur a cru devoir joindre ici le deſſein de cette cryſtalliſation.

La *Fig. I.* la repréſente dans le culot d'acier fondu, peſant 10 gros, 2 grains ; la partie ſupérieure où l'on n'apperçoit aucunes lignes, eſt celui qui a été frappé par l'air, n'étant pas recouverte par le flux.

La *Fig. II.* repréſente la cryſtalliſation du même culot vue à la loupe.

Tous les autres régules obtenus par la fonte du métal ou de ſes mines, ne préſentant aucune différence dans leurs cryſtalliſations, on a penſé qu'il ſuffiſoit d'en deſſiner une.



Fossier. del. Billé. 9bre 1776.



La *Fig. III.* repréſente une hématite d'un genre particulier ; elle fait partie de la belle collection de Minéraux appartenans à M. *Beſſon*, qui a bien voulu la confier à l'Auteur pour la faire deſſiner. C'eſt une cryſtalliſation minérale ferrugineuſe, qui paroît avoir autant de rapports avec la cryſtalliſation de la *Fig. I.* qu'une métal minéraliſé peut en avoir avec ſon régule parfaitement pur.

Cette hématite dont la ſurface inférieure eſt polie, de couleur brune tirant au verdâtre, eſt compoſée de pluſieurs couches, celle du deſſous, de quatre à cinq lignes d'épaiſſeur, eſt faite en forme de rayons à-peu-près comme les pyrites.

On diſtingue, en quelques endroits, ſur les côtés, une ſeconde couche de l'épaiſſeur d'une ligne, tantôt en cryſtaux brillans, tantôt unie & terne.

Sur cette ſeconde couche on en apperçoit une troiſième, qui règne aſſez uniformément, & qui étant découverte dans une partie, préſente des eſpèces d'alvéoles : ces alvéoles ſont deſſinés en grand, *Fig. V.* pour faire voir qu'ils paroiſſent eux-mêmes formés de plus petites figures ſemblables, qui ſe font remarquer dans les cavités régulières, terminées par les lignes ſaillantes.

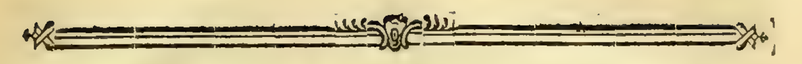
La troiſième, couche qui forme la croûte de ce minéral, & qui n'en recouvre plus qu'environ une moitié, paroît formée de petits primes réguliers qui ſe touchent par des faces polies, & ſont implantés dans des alvéoles ſemblables à ceux que l'on apperçoit dans la partie découverte : le deſſus de cette croûte conſerve lui-même quelque apparence de la régularité

des alvéoles; mais les prismes sont terminés par une espèce de petit mamelon, & la plupart de ces mamelons sont renfoncés à leurs extrémités, comme une soufflure métallique dont on auroit enlevé la partie supérieure.

Enfin la *Fig. IV.* représente la même hématite vue de côté, pour indiquer l'ordre des couches.



MÉMOIRE



MÉMOIRE

ET

EXPÉRIENCES

Sur L'AIR FIXE *qui se dégage de la* BIÈRE *en fermentation.*

Par M. le Duc DE CHAULNES.

LE VOISINAGE du quartier où les Brasseries sont fréquentes, m'ayant fait naître, depuis quelques semaines, le desir d'aller voir les travaux des Brasseurs, l'inspection des phénomènes de l'air fixe, m'a engagé à faire, sur ce mixte, plusieurs Expériences, dont j'ai cru devoir rendre compte à l'Académie. Lu à l'Académie le 13 Décembre 1775.*

Je m'étois si peu occupé de cette substance jusqu'à ce jour, que j'aurois peut-être dû commencer par lire les Ouvrages qui en ont traité; mais j'avoue que l'excessive prolixité de quelques-uns, m'a fait craindre d'embarrasser, malgré moi, mes idées, plutôt que je ne les étendrois; j'ai donc préféré de suivre uniquement, en faisant mes recherches, la marche qui se présenteroit à moi comme la plus naturelle; résolu, comme je l'étois, de m'instruire après-coup des faits connus, pour éviter de donner aujourd'hui, comme fait nouveau, ce qui ne l'est pas. J'ai suivi ce projet, & non-seulement j'ai

* Les Expériences ont été faites au mois de Septembre 1775.

parcouru, depuis mes obſervations, les livres publiés ſur cette matière; mais j'ai conſulté pluſieurs Membres de cette Académie. Ils ont penſé comme moi, ſur la nouveauté de la plupart de mes Expériences, & ils ont même cru que je ferois bien d'en donner quelques-unes, qui ne font que concourir à l'établiſſement de pluſieurs vérités déjà connues, mais qui les établiſſent mieux, & les préſentent peut-être avec plus d'ordre & de méthode, qu'elles ne l'ont encore été.

Je vais donc rapporter, avec le plus de préciſion qu'il me ſera poſſible, les Expériences que j'ai faites, & leur objet: je puis aſſurer qu'elles l'ont été avec exactitude; j'aurai ſoin de citer celles qui y ont rapport, & que d'autres ont faites avant moi; & d'ailleurs je me permettrai à peine quelques conjectures ſur les conſéquences, loin de me livrer à l'eſprit de ſyſtème & aux hypothèſes.

Le lieu où j'ai fait toutes mes Obſervations, eſt la Braſſerie de M. de *Longchamps*, où la plus grande intelligence des moyens mécaniques de tout genre, eſt développée. C'eſt lui qui a donné, dans l'Encyclopédie, la deſcription de l'Art des Braſſeurs. Le père & le fils ont mis trop de bonne volonté à m'aider dans mes Expériences, pour que je ne ſaiſiſſe pas l'occaſion de leur en témoigner ma reconnoiſſance. Les ayant prié de me faire avertir, quand ils auroient une cuve de Bière en fermentation; ils l'ont fait. Je m'y ſuis rendu.

J'ai trouvé, en arrivant, une cuve de ſept pieds de long, ſur cinq de large, & ſix de profondeur, au fond de laquelle la Bière fermentoit. Il y en avoit 2 pieds de hauteur, & par conſéquent 4 pieds d'eſpace vide au-deſſus.

M. *Prieſtley*, ayant avancé qu'il ne règne ſur la Bière fermentante, qu'une épaiſſeur de 9, ou 12 pouces d'air fixe, j'ai cru pouvoir enfoncer une lumière aſſez profondément dans la cuve; mais l'ayant eſſayé, j'ai reconnu, avec ſurpriſe, qu'elle ne pouvoit pas, ſans s'éteindre, deſcendre au-deſſous de ſes bords.

Les Expériences que j'ai faites depuis, m'ont appris que l'épaiſſeur de cette couche d'air fixe, ne dépend que du point auquel la fermentation eſt avancée, de la quantité de matière qui fermente, & de la profondeur de la cuve. A meſure que la fermentation augmente, l'air fixe s'élève juſqu'à ce qu'il ſoit de niveau avec les bords du vaiſſeau. L'air ambiant diſſipe alors la portion qui les dépaſſeroit: car le ſimple contact de l'air ſeroit trop long à le diſſoudre. Toutes ces obſervations me font préſumer que M. *Prieſtley* a fait ſes Expériences dans une cuve, dont les bords n'étoient qu'à 9 ou 12 pouces de la ſurface de la liqueur, auquel cas on ſent que la propoſition ne peut être que relative au vaiſſeau. Si la cuve avoit 50 pieds de profondeur, l'air fixe s'élèveroit librement juſqu'à ſes bords.

Quand la fermentation a duré aſſez long-tems, on ſoutire la Bière, par un gros robinet, qui eſt au fond de la cuve; toute la couche d'air fixe commence, dans ce moment, à deſcendre, & s'abaiſſe à meſure que la liqueur s'écoule ; de ſorte que quand elle eſt toute ſoutirée, il reſte au fond de la cuve quatre pieds d'épaiſſeur de cet air, & pardeſſus, deux pieds d'air ordinaire. Le courant d'air ambiant n'agiſſant plus alors ſur l'air fixe, puiſque ſa ſurface eſt inférieure de deux pieds au bord du vaiſſeau, le ſimple contact des deux airs, quoique par une ſurface auſſi large, que ſept pieds ſur cinq, agit ſi lentement ſur l'air fixe, qu'au bout de ſept heures, il n'y en a qu'environ les deux tiers de diſſipés, & qu'une lumière ne peut encore approcher du fond de la cuve, à plus de 15 pouces, ſans s'éteindre.

Ces phénomènes de l'air fixe m'ont paru prouver ſi formellement ſon excès de peſanteur ſur l'air commun, que j'ai cru pouvoir tenter avec ſuccès l'Expérience ſuivante, qui m'a effectivement réuſſi.

Ayant deſcendu un bocal dans l'air fixe, je l'en ai trouvé rempli, quand je l'ai remonté, au point qu'une lumière s'étei- Tranſvaſion de l'air fixe.

gnoit au niveau de ſes bords, j'ai verſé doucement alors cet air fixe dans un autre bocal d'égale capacité, rempli d'air commun, & juſqu'au fond duquel la lumière brûloit : l'air fixe eſt tellement deſcendu, par ce procédé ſimple, dans ce ſecond bocal; qu'en eſſayant d'y plonger la lumière, elle s'eſt éteinte dès l'entrée, & qu'elle brûloit alors librement juſqu'au fond du premier. J'ai répété deux ou trois fois cette tranſvaſion d'un bocal dans l'autre, avant d'avoir pu diſſiper entièrement l'air fixe, nonobſtant ſon trajet néceſſaire au travers de l'air commun. On ſent aiſément que, pour réuſſir à conſerver ſeparées deux ſubſtances auſſi équipondérables, il faut verſer doucement, & éviter ſoigneuſement toute agitation de l'air.

Une température modérée eſt néceſſaire, pour pouvoir obtenir trois tranſvaſions; car, par un tems de gelée, on ne peut guères en faire réuſſir qu'une ou deux.

Cette Expérience préſente le ſpectacle aſſez extraordinaire, de voir verſer rien, (quant à l'apparence optique), avec un bocal où il n'y a rien, dans un bocal où il n'y a rien, en prenant même beaucoup de précautions pour ne pas répandre, & de voir cependant, en peu de ſecondes, un animal périr dans ce dernier bocal, une lumière s'y éteindre, & un ſel s'y cryſtalliſer, comme on le verra bientôt.

Lorſque la Bière eſt ſoutirée, par le gros robinet du fond de la cuve, l'air fixe, en raiſon du même excès de peſanteur, s'échappe par ce robinet; un bocal, qu'on tient au-deſſous, en eſt rempli dans un moment, & la lumière s'éteint en y entrant; l'air fixe s'échappe même avec une telle impétuoſité, que, débordant de toutes parts pardeſſus le bocal, j'ai vu la lumière s'éteindre à cinq ou ſix pouces en-dehors de ſon orifice : en verſant ſimplement l'air fixe contenu dans un bocal, cinq, ou ſix pouces, au-deſſus d'une lumière, cette lumière s'éteint.

Non-seulement ces Expériences sur l'air fixe, ont l'avantage d'établir, plus positivement qu'on ne l'avoit fait encore, son excès de pesanteur sur l'air ordinaire, mais elles fournissent, comme on voit, un excellent moyen de se procurer, sans embarras & sans frais, une provision d'air fixe, avec laquelle on peut faire chez soi les Expériences qu'on desire. Il suffit, pour cet effet, de descendre des cruches dans la couche d'air fixe, ou de les présenter au robinet de la cuve, & de les fermer ensuite exactement avec un bouchon de liège, qu'on recouvre avec de la cire molle : non-seulement on peut transporter ainsi l'air fixe, mais même le garder très-long-tems, une grande jarre peut en fournir une ample provision, si l'on a beaucoup d'Expériences à faire dans le même moment: car lorsqu'on en a enlevé une partie, si on laisse le vaisseau tranquille pendant 24 heures, quoique bien fermé, l'air commun, qui a pris la place de l'air fixe qu'on a ôté, se mêle au restant de cet air, de sorte que sa densité est diminuée au total, en raison de la quantité d'air commun qui y est entré. Une lumière s'éteint subitement dès l'ouverture, si l'air fixe a toute sa densité, au-lieu que, s'il est plus rare, suivant son degré d'affoiblissement, elle y file & y languit plus ou moins long-tems.

Provision d'air fixe; le garder, le transporter.

La dernière Expérience que j'ai faite, relativement à l'excès de pesanteur de l'air fixe sur l'air ordinaire, a eu pour objet de déterminer la gravité du premier, d'une manière aussi précise qu'il est possible d'y parvenir. J'ai pris, pour cet effet, un balon garni d'un robinet, & qui est destiné à peser l'air; après y avoir fait le vide, il s'est trouvé peser 7 livres, 1 once, 7 gros. Lorsqu'on y a laissé rentrer l'air, son poids a augmenté de 3 gros 66 grains, & après y avoir fait le vide de nouveau, & y avoir laissé rentrer l'air fixe, il a pesé 3 gros 42 grains de plus, que plein d'air ordinaire; ce qui établit, dans cette Expérience, la proportion de l'air fixe à l'air commun, à-peu-près comme 2 est à 1. Le balon contient 737 pouces cubes $\frac{1}{2}$.

Pesanteur de l'air fixe comparée à celle de l'air ordinaire.

Comme j'ai fait réflexion qu'il étoit impossible de connoître la pesanteur absolue de cet air, si l'on n'avoit pas égard aux degrés du Baromètre, & du Thermomètre, à l'air libre, & sur-tout à celui du Thermomètre, plongé dans la Bière qui fermente, j'ai cru devoir recommencer l'Expérience avec ces précautions. J'ai employé, pour cet effet, un balon destiné à peser l'air, beaucoup plus léger, que celui, que j'avois été obligé d'emprunter, le mien n'étant pas alors en état; comme il surcharge moins le fléau de la balance, il constate avec plus d'exactitude les différences légères.

Mon Balon pèse,

Vide d'air	2 ℔	14 ℥	3 ʒ	
Plein d'air commun, il a pesé	2	14	6	$\frac{1}{2}$
Et plein d'air fixe	2	15	3	$\frac{1}{2}$

Le Baromètre étant à 28 pouces moins 2 lignes, & le Thermomètre de Mercure, divisé suivant la méthode de M. de *Réaumur*, se tenant à 8 degrés au-dessus du terme de la glace, dans le lieu où étoit la cuve, ce même Thermomètre plongé dans la Bière fermentante, s'est élevé jusqu'à 24 degrés, (la fermentation étant à sa fin.) Cette dernière circonstance est encore très-nécessaire à observer, les divers momens de la fermentation donnant différens degrés de chaleur. On voit déjà des différences sensibles en prenant ces précautions, puisque, dans la première Expérience, le tems étant beaucoup plus froid, l'air fixe ne pesoit pas tout-à-fait le double de l'air commun, au-lieu qu'il est ici beaucoup plus pesant.

Lorsque le Thermomètre a indiqué, cette année, plus de 10 degrés au-dessus du terme de la glace, ainsi qu'en 1740, j'ai cru devoir ajouter une troisième Expérience à celles qui précédent.

Le Thermomètre plongé dans la Bière au dernier moment

de ſa fermentation, a donné 21 degrés, & le balon, rempli d'air fixe, n'a peſé qu'un gros & demi de plus, que plein d'air ordinaire.

Lorſque j'ai voulu eſſayer la tranſvaſion de cet air, j'ai remarqué, en faiſant l'Expérience, où il peſoit ſpécifiquement plus du double de l'air commun, qu'on l'appercevoit ſous la forme d'une très-légère vapeur; auſſi, en laiſſant ſéjourner, pendant quelques jours, dans un lieu froid, le balon de verre où il étoit renfermé, il s'eſt dépoſé contre ſes parois, d'un des côtés du globe, aſſez d'humidité pour en altérer un peu la tranſparence, mais pas aſſez, pour qu'on pût, même à la loupe, diſtinguer la moindre goutte de liqueur condenſée.

J'ai cru néceſſaire de conſtater à quel point l'air fixe pouvoit exiſter, dans toute ſa force, ſans être viſible. Voici la manière dont je m'y ſuis pris pour y parvenir.

L'air fixe eſt entièrement inviſible.

Au moment où la cuve venoit d'être évacuée en ſoutirant la Bière, j'ai laiſſé remplir d'air fixe, par le robinet, un bocal que je tenois entre une lumière & mon œil; comme cet air occupoit l'eſpace que rempliſſoit la liqueur chaude un moment auparavant, il eſt ſorti ſous la forme d'une vapeur légere; mais un quart d'heure après, les parois de la cuve vidée ayant eu le tems de ſe refroidir; en faiſant la même Expérience, on ne voyoit pas la plus légère apparence de vapeur; l'air fixe paroiſſoit avoir la même force, ſa denſité pouvoit cependant être un peu diminuée, mais on reconnoiſſoit, par l'épreuve de la lumière, que ſa hauteur étoit la même dans la cuve.

Après avoir fait ces recherches préliminaires ſur le poids de l'air fixe, j'ai paſſé à celles qui étoient plus véritablement mon objet, & qui avoient pour but de connoître ſa nature.

J'étois perſuadé qu'un acide y jouoit le principal rôle, &

je n'étois pas le premier de cette opinion, puisque M. *Priestley* lui-même, a dit que cet air n'étoit peut-être, qu'un acide foible, & d'une nature particulière. Il rapporte ensuite que M. *Bergman d'Upsal*, ne l'appelle, que l'*acide aérien*, qu'il a rougi la teinture de Tournesol avec; & il ajoute enfin, que M. *Hey* avoit trouvé que cette teinture ainsi rougie, reprenoit à l'air sa couleur ordinaire.

D'après cette Expérience de M. *Hey*, citée par M. *Priestley*, on ne conçoit pas trop pourquoi le même M. *Priestley* rapporte un Chapitre entier d'Expériences faites, par le même M. *Hey*, pour prouver qu'il n'y a point d'acide dans l'air fixe. Ce Chapitre est intitulé, à la vérité, qu'il n'y a point d'acide vitriolique; mais l'air fixe de M. *Priestley*, étant le produit d'un effervescence causée par l'acide vitriolique, l'acide qui se trouveroit dans cet air fixe, ne pourroit être que l'acide vitriolique, ou l'acide particulier de l'air fixe. Or le Chapitre est d'autant moins exactement intitulé, que les Expériences qui y sont rapportées, ont bien pour objet d'examiner en général, s'il y a, ou non, un acide dans l'air fixe, mais non pas d'éclaircir la nature de cet acide. Ces Expériences, au reste, ne sont point concluantes. M. *Hey* s'est servi, pour l'éprouver, de syrop de violettes, qui ne rougit qu'avec une quantité considérable d'acide. Pour peu que le syrop ait fermenté, il y devient de plus en plus insensible, parce que la matière colorante se détruit. Ce n'est, en général, qu'en étendant le syrop dans beaucoup d'eau, que les changemens de sa couleur sont aisés à remarquer, & M. *Hey* n'a mêlé qu'une once d'eau imprégnée d'air fixe, avec une cuillerée à thé de syrop de violette en nature. Enfin, puisque le même M. *Hey* a rougi, dans l'air fixe seulement, la teinture de Tournesol, ce qui est une excellente preuve de son acidité, on est très-étonné de lui entendre avancer, comme une démonstration du contraire, qu'il n'a pas rougi le syrop de violette, qui est un mauvais moyen d'épreuve pour les acides, & qui n'est bon que pour les alkalis: la teinture du Tournesol qui est, au contraire, très-peu

sensible

ſenſible aux alkalis, l'eſt fort aux acides, & auroit dû être choiſie par préférence : enfin on n'entend pas pourquoi M. *Hey* dit que l'eau ſaturée d'air fixe, n'a point fait d'effervescence, & ne s'eſt pas troublée avec les alkalis fixes ou volatils. Les acides, même concentrés, ne troublent jamais ces alkalis, à moins qu'il ne réſulte de leur combinaiſon, un ſel très-peu ſoluble, & qu'ils ne ſoient ſi rapprochés, qu'il ne ſe trouve pas aſſez d'eau pour le tenir en diſſolution. Quant à l'efferveſcence, il faut auſſi que les acides & les alkalis ſoient rapprochés à un point aſſez conſidérable, pour en cauſer par leur mêlange. J'ai donc été fort étonné de ces obſervations ſur l'acide de l'air fixe, & elles n'ont influé en rien ſur les eſſais que je m'étois propoſé de faire : mais j'ai cru devoir en parler, parce que c'eſt choſe qui mérite diſcuſſion, qu'un Chapitre tout entier d'un homme ſavant, deſtiné à établir ce qu'il croit une vérité.

Au reſte, en faiſant des recherches ſur l'acide de l'air fixe, qui ſe dégage de la Bière en fermentation, j'ai eu moins d'avantage pour le démontrer, comme on le ſentira facilement, que ceux qui ont fait leurs Expériences ſur l'air fixe qui a été produit par l'efferveſcence de la craie & de l'acide vitriolique, qui eſt le plus fort de tous.

Acide de l'air fixe.

Pour commencer donc l'examen de cet acide, j'ai rempli pluſieurs verres à liqueur, de teinture de Tourneſol, étendue dans de l'eau diſtillée ; j'ai verſé dans l'un de l'eau ſaturée d'air fixe, & la teinture a pris la plus vive rougeur.

J'ai deſcendu le ſecond de ces verres dans la couche d'air fixe, où la teinture eſt devenue ſenſiblement rouge en peu de momens.

On a verſé, dans le troiſième, quelques gouttes de la Bière elle-même, qui fermentoit, & qui ont de même rougi la teinture.

Enfin pour m'aſſurer, par un à-peu-près, aſſez exact, de

la quantité d'acide, contenu dans l'air fixe, & en même tems de la vérité de l'assertion de M. *Hey*, que la couleur rouge, qu'il communique à la teinture de Tournesol disparoît à l'air, j'ai fait l'Expérience suivante.

Acide de l'air fixe, comparé à l'acide vitriolique.

Après avoir coloré deux livres d'eau distillée, avec assez de teinture de Tournesol, pour que sa couleur parût toujours bleue, même quand elle étoit en opposition avec la lumière; j'ai partagé cette liqueur en deux parties, que j'ai mises dans deux grands verres, en observant de ne mettre que 15 onces $\frac{1}{2}$ de liqueur dans l'un, & une livre dans l'autre. J'ai versé dans le premier une demi once d'eau saturée d'air fixe, qui ne communique à la teinture, qu'un degré de rougeur suffisant, pour qu'elle puisse encore en manifester aisément une augmentation. J'ai pris alors de l'acide vitriolique, fait avec une once d'huile de vitriol blanche, & bien concentrée, mêlée avec 32 onces d'eau distillée, & j'en ai laissé tomber, goutte à goutte, dans l'autre verre, avec un chalumeau renflé, jusqu'à ce que la rougeur de la teinte me parût bien exactement la même; il m'a fallu, pour égaler cette teinte, cinq gouttes de l'esprit de vitriol que je viens de décrire. Ce qui prouve qu'il y a environ l'équivalent de cinq gouttes d'huile de vitriol concentrée, affoiblie par trente-deux parties d'eau, (1) dans une

(1) Il se trouve, dans une livre d'eau saturée d'air fixe, trente-deux fois autant de substance aërante, ou d'acide aërien, que dans une demi-once de cette eau, de même qu'il se trouve trente-deux fois plus d'acide vitriolique dans cinq gouttes d'huile de vitriol concentrée, que dans cinq gouttes de la même huile affoiblie par trente-deux parties d'eau. On sent donc qu'il ne peut y avoir d'obscurité dans cette Expérience, que si l'on s'embarrasse l'esprit par l'eau saturée d'air fixe qu'on ajoute à la livre d'eau distillée. Comme l'eau distillée ne compte pas, on doit la retrancher en raison de la quantité d'eau saturée qu'on veut ajouter. Par ce moyen, on agit toujours également des deux côtés sur la même quantité d'eau également chargée de matière colorante. Si l'on vouloit faire l'Expérience de cette dernière façon, il suffiroit d'ajouter directement à la livre d'eau saturée, la quantité de gouttes de teinture de Tournesol, qui auroient fait prendre aux quinze onces d'eau contenues dans l'autre verre, la couleur demandée; mais l'Expérience se fait trente-deux fois plus exactement en n'employant que des $\frac{1}{32}$, comme je l'ai fait.

livre d'eau, ſaturée d'air fixe. Le terme de cette ſaturation eſt aſſez conſtant, lorſqu'un bocal, qui contient une livre ou deux d'eau, a paſſé pluſieurs heures dans la cuve, & y a ſouvent été agité. Celui de l'huile de vitriol l'eſt à-peu-près autant, lorſqu'on la prend blanche, bien concentrée, & qu'elle a été contenue dans des flacons exactement bouchés.

Volatilité des acides, ſur-tout de celui de l'air fixe.

Cette Expérience m'a encore fait voir, qu'en colorant avec très-peu d'eau ſaturée d'air fixe, la teinture de Tourneſol, très-bleue, & très-affoiblie, elle perdoit une grande partie de ſa couleur à l'air ordinaire, comme l'avoit annoncé M. *Hey*. La pareille teinture colorée par l'acide vitriolique, en perd auſſi un peu, mais beaucoup moins. Si, au-lieu d'acide vitriolique, on emploie le vinaigre radical, qui eſt naturellement plus analogue à l'air fixe de la Bière, on aura une diminution de couleur auſſi forte qu'avec l'eau ſaturée d'air fixe.

L'acide de cet air me devenant de plus en plus démontré, par ces épreuves, j'ai penſé à lui préſenter une ſubſtance qui pût s'unir facilement avec lui, & me procurer un ſel neutre, dont il ſeroit peut-être poſſible, après, d'examiner la nature. J'ai employé, pour cet effet, l'alkali végétal le plus pur, préparé avec la crême de tartre, brûlée à l'air libre, diſſoute enſuite dans l'eau diſtillée. Cette diſſolution a été évaporée dans des baſſines d'argent; on a rediſſous le ſel reſtant dans l'eau diſtillée, & cette nouvelle diſſolution, filtrée, a été de nouveau évaporée doucement, de manière que la liqueur, quoique tiède, laiſsât dépoſer une partie de ſon ſel. Cet alkali, filtré encore une fois, pèſe une once 4 gros 5 grains, dans un flacon, qui tient une once d'eau. C'eſt celui dont je parlerai toujours dans ce Mémoire, lorſque je n'en ſpécifierai pas un autre.

Cryſtalliſation de l'alkali végétal par l'air fixe en peu de ſecondes.

J'ai enduit, avec cette liqueur alkaline, l'intérieur d'un bocal tenant environ 8 pintes, & je l'ai deſcendu dans l'air fixe; bientôt je l'ai retiré entièrement tapiſſé de ſel cryſtaliſé. Les Expériences, que j'ai faites depuis, m'ont appris qu'un inſtant ſuffiſoit pour opérer cette cryſtalliſation, & qu'elle n'exigeoit

que le tems néceſſaire pour verſer, hors de la cuve, dans un bocal enduit de cette manière, l'air fixe contenu dans un autre bocal ; ſi l'on tient, pendant cette tranſvaſion de l'air, le bocal enduit entre ſon œil & la lumière, on voit la cryſtalliſation végéter en peu de ſecondes ſur ſes parois, & les obſcurcir de la façon la plus ſingulière (1).

Cryſtalliſer une livre d'alkali végétal en deux heures par l'air fixe.

Comme le ſel produit par ce procédé, devenait fort intéreſſant à connoître, j'ai cherché à m'en procurer une quantité : j'ai ſuſpendu, pour cet effet, autour de la cuve, & dans ſon intérieur, 12 bocaux pareils à celui que j'avois employé, au fond de chacun deſquels, j'ai mis deux onces d'alkali. Comme il ne falloit qu'un inſtant pour cryſtalliſer la diſſolution, qui enduiſoit l'intérieur du bocal, un homme alloit continuellement d'un bocal à l'autre, & faiſoit paſſer la liqueur, du fond, ſur les parois, afin de préſenter toujours à l'air fixe une nouvelle ſurface d'alkali, non cryſtalliſé ; je ſuis parvenu, par ce moyen, à me procurer, en deux heures, une livre de ce ſel, tout égouté, ſur le papier gris.

---

(1) La même liqueur alkaline ſimplement expoſée à l'air commun, y fournit aſſez promptement, par une évaporation inſenſible des cryſtaux analogues à ceux, que l'addition de l'air fixe y produit plus rapidement, & qui ont toutes les mêmes propriétés, qui ſeront ſpécifiées plus bas.

On ne ſera point étonné de ce phénomène, ſi l'on réfléchit que le ſimple contact de l'air fixe ſuffit à l'air commun, pour en faire une diſſolution parfaite. Dès-lors il eſt évident qu'il y en a toujours dans l'air de l'athmoſphère, une plus ou moins grande quantité, puiſqu'il s'en dégage continuellement de l'immenſe quantité de végétaux, qui fermentent & ſe décompoſent ſans ceſſe à la ſurface de la terre. Cette diſſolution continuelle de l'air fixe, eſt même de la plus grande importance dans le mécaniſme de l'Univers, pour reſtituer ſans ceſſe à l'air commun ſa ſalubrité, toujours alterée pas les effluves putrides, qui s'élèvent auſſi de la ſurface de la terre, dans tous les tems. L'action de l'air fixe ſur ces émanations dangereuſes, a été prouvée de la manière la plus complète, par les belles Expériences de MM. *Black* & *Macbride*, & par la ſuperbe Expérience de M. *Prieſtley*, qui rétablit auſſi les ſubſtances putrides, en les expoſant ſimplement aux émanations, qui ſe dégagent des végétaux, dont la ſéve eſt dans toute ſa vigueur.

Je rendrai compte à l'Académie, de l'examen que j'en ai commencé ; mais je crois qu'il faut le faire précéder par quelques Expériences, qui trouveront plus naturellement leur place ici.

Il étoit moins important d'avoir démontré la présence d'un acide dans l'air fixe, que de savoir à quel point cet acide en étoit partie constituante & nécessaire; s'il y étoit entièrement lié, si l'on pouvoit l'en séparer, &, dans ce cas, quelle seroit la nature de l'air fixe après cette séparation. Assuré, comme je l'étois, de l'effet de l'alkali sur cette substance, je m'en suis servi pour résoudre ces questions par l'Expérience suivante.

J'ai pris deux de ces bocaux, dont on se sert communément pour les batteries électriques, ayant 14 pouces de hauteur, sur quatre de diamètre, dont les fonds sont plats, la forme cylindrique & le diamètre égal dans toute leur longueur. J'ai garni le bord de ces vases avec un cercle de cire molle, & j'ai fait couper des plaques rondes de glace, pour leur servir de couvercle; j'ai descendu ensuite ces vases perpendiculairement, & débouchés, dans l'air fixe, après avoir mis dans l'un la hauteur d'un demi-pouce de mon alkali en liqueur, & dans l'autre un volume égal d'eau, afin qu'à l'alkali près, les circonstances fussent pareilles. A l'instant où j'ai retiré mes vaisseaux, une lumière s'éteignoit également au niveau des bords de tous deux. J'ai fait appliquer alors les plaques de glaces sur le cercle de cire, pour sceller mes bocaux, enfin, en les tournant horizontalement, j'ai enduit leurs parois, avec la liqueur, qui d'abord n'occupoit que le fond. Pendant l'espace de 24 heures qu'ils ont resté sans être débouchés, on a répété plusieurs fois cette manipulation, afin de présenter souvent une grande surface d'alkali à l'air qu'ils renfermoient.

Rien n'a changé dans le bocal, qui ne contenoit que l'eau; mais bientôt les parois de celui où étoit l'alkali, ont commencé à se couvrir de gouttes de sel congelé, sans forme crystallisée, & ces gouttes de sel sont devenues en peu de tems

aſſez épaiſſes, pour qu'il fût impoſſible de rien diſtinguer dans ſon intérieur.

Au bout de 24 heures, j'ai fait ouvrir mes vaſes, en commençant par celui où il n'y avoit que de l'eau; ſon couvercle s'eſt ſéparé facilement, l'air fixe n'étoit point diminué, la lumière s'éteignoit au niveau de ſes bords, comme quand on l'avoit rempli, un verre de montre plein de teinture de Tourneſol affoiblie, qu'on y introduiſit, rougit bientôt dans ſon intérieur; enfin la petite quantité d'eau qu'il contenoit, étoit devenue fort acidule, & puiſſamment imprégnée d'air fixe.

Vide produit par la combinaiſon de l'air fixe & de l'alkali végétal.

Le bocal où étoit l'alkali en liqueur, étoit dans un état bien différent; le couvercle de glace étoit ſi adhérent, qu'il y avoit à craindre de briſer le vaſe, en voulant le déboucher. Comme je ſentis que l'abſorption de l'air fixe pouvoit avoir occaſionné le vide, j'inſérai la pointe d'un couteau entre le bord du bocal & ſon couvercle, il ſe fit alors un petit ſifflement qui dura fort long-tems; quand il fut fini, on déboucha le bocal avec la plus grande facilité; une lumière introduite juſqu'au fond, continua d'y brûler de même, & un verre de montre, plein de teinture de Tourneſol, y a conſervé entièrement ſa couleur. Il reſtoit au fond du bocal une portion de liqueur, qui n'étoit pas cryſtalliſée; enfin le ſel qui l'étoit contre ſes parois, s'eſt trouvé, après avoir été ſoigneuſement recueilli & ſeché, peſer 5 gros 21 grains.

J'ai répété deux autres fois cette Expérience, & j'ai trouvé la première, 5 gros 37 grains de ſel, & la ſeconde 5 gros 52 grains. On voit que ces légères différences ont été vraiſemblablement occaſionnées par celles, qui ſe ſont trouvées dans la capacité des vaiſſeaux, & plus vraiſemblablement encore par les différences que les cauſes dont j'ai déjà parlé, peuvent occaſionner dans la denſité de l'air fixe.

D'après l'Expérience que je viens de rapporter, il ne pouvoit plus me reſter aucun doute ſur la manière dont l'acide

étoit uni à l'air, dans le mixte, qu'on nomme, *air fixe*. Il falloit que cette union fût intime, pour que l'air fût plutôt absorbé, que d'abandonner l'acide, lorsqu'on lui présentoit un corps, auquel il étoit forcé de s'unir. J'apprenois en même-tems qu'il falloit à-peu-près 175 pouces cubes d'air, pour crystalliser 5 gros 21 grains d'alkali; enfin la liqueur restée dans le bocal, étant absolument limpide comme l'eau, au-lieu que celle des bocaux mis dans la cuve, avoit une teinte jaune assez forte, il en résultoit une manière d'obtenir le sel neutre d'air fixe, & d'alkali végétal, dans un état de pureté beaucoup plus grande, que par l'Expérience précédente.

C'est dans cette vue, & pour m'en procurer une quantité, que j'ai d'abord répété l'Expérience. J'ai fait couper des plaques de glace pour servir de couvercles, avec de la cire molle, à trois grands bocaux, dans chacun desquels j'ai mis trois onces d'alkali. J'espérois que ces plaques n'ayant que six pouces de diamètre, & ayant été choisies assez épaisses, résisteroient au poids de l'air: cependant la raréfaction de l'air intérieur en a bientôt fait casser, & enfoncer deux avec bruit, &, ce qui est pourtant bien extraordinaire, l'air fixe étoit encore si peu altéré dans ce moment, qu'une lumière s'est éteinte au niveau des plaques, quand on a voulu l'introduire dans le bocal: la troisième plaque a résisté, le vide ne s'étant pas fait dans le vase, apparemment par le défaut d'application assez exacte du couvercle à ses bords: en débouchant le vaisseau, on a trouvé six gros d'alkali en liqueur. Le sel recueilli avec soin, pesoit tout humide, 2 onces 3 gros, & seché, 1 once 5 gros. Ce poids est dans le même rapport avec la capacité de ce bocal, que celle du bocal de l'Expérience précédente avec le poids du sel qui y a été trouvé.

Volume d'air réduit à $\frac{13}{14}$ par la combinaison de l'air fixe & de l'alkali végétal.

J'avois rempli d'air fixe, un bocal cylindrique, en même-tems que les trois grands bocaux, dont je viens de parler, & j'y avois assujéti un Baromètre tronqué, afin de constater le degré de raréfaction de l'air; mais le vide ne s'étant point

fait dans ce bocal, non plus que dans l'autre, j'ai été obligé de réformer depuis quelque chose à mon appareil. J'ai pris le parti de faire user sur du grais, les bords de tous les bocaux dont je me suis servi, pour que la juxt-appofition fût parfaite, avec les couvercles, que j'ai fait faire avec des glaces assez épaisses pour résister au poids de l'air, & que j'ai lutté avec deux parties de cire, & une de térébenthine (1). J'ai répété de cette manière l'épreuve du Baromètre tronqué, qui a parfaitement réussi, & où le mercure est descendu jusqu'à 22 lignes de son niveau.

Thermomètre avec l'air fixe & l'alkali végétal.

J'ai mis aussi un Thermomètre dans un vase cylindrique, rempli d'air fixe, & où il y avoit deux onces d'alkali, pour connoître le degré de chaleur causé par la combinaison de ces deux

(1) J'ai manqué plusieurs fois cette Expérience, malgré toutes ces précautions. Il est aisé de sentir les difficultés dont elle est susceptible. Le vide ne se fait point aussi promptement ici, que dans la Machine Pneumatique, où l'équilibre est suffisamment rompu, dès le premier coup de piston, pour que la pression de l'air extérieur attache le récipient, au lieu que, dans l'Expérience dont il s'agit, s'il y a le plus léger défaut d'adhérence entre le bord du vase ou le couvercle, & la cire, l'air rentre par cette ouverture, avant d'avoir formé sur le couvercle, une pression suffisante, pour causer, en écrasant la cire, une clôture absolue. Pour se procurer cette clôture, il faut commencer par bien chauffer le couvercle, & le bord du vase, puis frotter ces deux parties avec le lut de cire, en observant de ne pas frotter seulement les bords du vaisseau, mais même quatre ou cinq lignes plus bas en-dehors & en-dedans; il faut ensuite poser le cordon de cire sur le bord du vase, en l'appuyant bien, de manière que le bord y soit exactement renfermé, jusques à trois ou quatre lignes au-dessous. Le vaisseau ne doit sur-tout rester plongé dans l'air fixe qu'un instant, de peur qu'une légère humidité n'empêche l'exacte adhérence du couvercle, & il faut cependant descendre perpendiculairement, sur le vaisseau, pendant qu'il est dans l'air fixe, le couvercle auquel le petit Baromètre doit être attaché par un fil. On presse alors avec les pouces, des deux côtés, sur ce couvercle, & on achève ensuite de l'appuyer sur la cire, quand il est hors de la cuve. Enfin, & pour dernière précaution, il faut bien observer, en faisant promener sur les parois du bocal, la liqueur qui est dans le fond, qu'elle ne touche pas la cire, sur-tout dans les premières heures. Il m'est souvent arrivé de ne pouvoir obtenir le vide, pour avoir manqué cette seule précaution. Quelque court que soit le moment où le vase est resté dans l'air fixe, si le couvercle n'étoit pas chaud, la vapeur fixe qui s'y attache, permet ensuite à l'eau d'y pénétrer avec la plus grande facilité.

ces deux ſubſtances, & il y a eu deux degrés & demi de chaleur dans le vaſe où elles étoient, de plus, que dans un vaſe pareil, où j'avois placé un Thermomètre de comparaiſon avec de l'air ordinaire : les deux vaiſſeaux étoient fermés par leurs couvercles & de la cire.

Un des points les plus importans, qu'il reſtoit à déterminer, étoit de ſavoir, ſi le poids du ſel ſe trouvoit augmenté par l'acide de l'air fixe, qui s'uniſſoit à lui; mais cette Expérience ſingulièrement délicate, préſentoit bien des difficultés, bien peu d'eſpérance de ſuccès, & exigeoit une grande préciſion; j'ai cependant cru devoir la tenter, & j'ai d'autant mieux fait, que j'ai réuſſi au-delà de mes eſpérances. Voici la manière dont j'ai procédé.

Combien l'acide de l'air fixe augmente un poids donné d'alkali végétal.

J'ai fait faire, avec une lame de cuivre à caractère, un ſupport d'une dixaine de pouces de longueur, qui pouvoit ſoutenir par les deux extrémités, à environ deux pouces & demi d'un plan horizontal, une broche un peu plus longue de fil de laiton, terminé d'un côté par une pointe, & de l'autre par un anneau, auquel j'ai fait attacher, pour la ſuſpendre, un fil double de ſix pouces de longueur. Tout cet appareil s'eſt trouvé peſer dans une balance très-exacte, de *Galonde*, 5 gros 43 grains moins un quart.

J'ai coupé alors dix-huit ronds de linge fin, qui peſoient exactement enſemble 4 gros, dans la même balance: les ayant humectés, avec de l'alkali, médiocrement, pour qu'ils ne puſſent pas laiſſer tomber des gouttes, je les ai enfilés ſur la broche, & j'ai de nouveau remis dans la balance, le tout enſemble, qui s'eſt trouvé peſer 4 once, 7 gros, 61 grains.

A l'inſtant même où je venois de le peſer, j'ai pris, par le fil de ſuſpenſion, la broche & les linges, & je les ai ſuſpendus, perpendiculairement, dans une cruche remplie d'air fixé, depuis quatre jours; j'ai bouché enſuite exactement la cruche avec un bouchon de liège, qu'on a recouvert après & entouré

de cire molle, j'ai fait fixer pardessus un parchemin huilé; je ne l'ai ouvert qu'au bout de deux fois 24 heures, & comme le vaisseau étoit gros, la diminution de l'air n'a pas empêché la lumière de s'éteindre subitement dès l'ouverture, quand on a voulu l'y plonger, comme au moment où on l'avoit rempli : tous les linges étoient parfaitement roides & secs; enfin la broche, son fil de suspension, & les linges enduits, étant repesés de nouveau avec le support de cuivre à caractère, le tout ensemble s'est trouvé du poids de 5 onces 65 grains, ce qui fait une augmentation de 75 grains d'air fixe, pour 6 gros 18 grains & demi d'alkali, c'est-à-dire, à-peu-près un septième, dont cette Expérience importante nous apprend que l'absorption de l'air fixe, augmente un poids donné d'alkali.

Cette Expérience doit naturellement occasionner deux Observations, l'une sur l'humidité qui a pu être renfermée dans la cruche, l'autre sur le poids dont l'eau de crystallisation seule peut avoir augmenté celui du sel, sans que l'air fixe y ait eu aucune part.

Je répondrai à la première, que la cruche étoit neuve; qu'elle avoit été sechée, & bouchée, pendant quatre jours avant de l'employer, qu'on l'avoit remplie d'air fixe par un tems de gelée, & qu'elle a toujours séjourné depuis dans un lieu où le Thermomètre s'est constamment tenu à trois degrés au-dessus de la glace; enfin qu'on a soigneusement scellé & même recouvert le bouchon avec de la cire.

Quant à la seconde objection, qui porte sur l'eau de crystallisation, non-seulement il faudroit, pour qu'elle fût fondée, que le sel, bien sec, eût exigé autant d'eau, pour sa crystallisation, que pour sa dissolution, puisqu'il avoit été introduit dans le vase en état de liqueur limpide, mais même qu'il eû e ncore attiré de l'humidité, au-delà de l'eau de dissolution, jusqu'à la concurrence d'$\frac{1}{7}$ du poids total.

Cette réponse me paroissoit satisfaisante, mais ne me sem-

bloit pas encore aſſez déciſive, lorſqu'en cherchant des moyens de la réſoudre d'une manière plus complète, j'en imaginai un, auquel je ne crois pas qu'il reſte d'objection à faire.

J'avois de l'air fixe en Expérience avec de l'alkali, dans un de mes vaſes cylindriques, où leur combinaiſon avoit fait deſcendre le mercure, dans le Baromètre tronqué juſqu'à 22 lignes de ſon niveau. Je ſongeai que, d'après l'Expérience qui m'avoit appris que l'air fixe étoit à l'air commun, lorſque j'avois rempli le vaſe, comme deux eſt à un, il n'y avoit qu'à peſer exactement ce vaiſſeau, tel qu'il étoit, y laiſſer rentrer l'air enſuite & le repeſer, pour voir ce dont l'air rentré auroit augmenté ſon poids; il en réſultoit, en doublant ce poids, celui de l'air fixe qui y avoit été contenu, & que le ſel avoit abſorbé. J'ai fait cette opération, & j'ai eu, d'augmentation, un gros d'air commun. Le vaſe contenoit par conſéquent deux gros d'air fixe, qui ont été abſorbés par 9 gros & 12 grains de ſel, qu'on a trouvé en le recueillant avec exactitude, & le faiſant ſecher, d'abord ſur du papier gris, & enſuite ſur une lame de verre, à la chaleur douce du ſable d'un poële. Je ne vois pas quelle objection on pourroit faire contre cette ſeconde Expérience, puiſqu'on a employé plus d'alkali qu'il n'en falloit, pour abſorber l'air fixe contenu, que le ſel nageoit encore dans la liqueur quand on l'en a retiré, & que le vaſe a été aſſez bien fermé, pour que l'air s'y ſoit raréfié au point que le mercure n'étoit plus, qu'à 22 lignes au-deſſus de ſon niveau; il ne peut par conſéquent y être entré rien d'étranger, & cette Expérience démontre d'une manière inconteſtable, qu'il faut deux gros d'air fixe ou 200 pouces cubes à-peu-près, pour cryſtalliſer ſix à ſept gros d'alkali, tel que celui qui a été décrit (1) : lorſque cet air eſt une fois plus peſant

(1) Les divers degrés de denſité de l'air fixe, qui dépendent, comme on l'a déjà dit, du degré de chaleur de la bière qui fermente, de l'époque de la fermentation, & des degrés du Baromètre, & du Thermomètre à l'air libre, ſont les cauſes, certaines, des différens poids du ſel qui a cryſtalliſé dans diverſes Expériences.

que l'air commun, ce qui eſt le réſultat d'une température modérée, & par conſéquent ſon état le plus ordinaire.

On peut ſe reſſouvenir que j'ai annoncé, vers le commencement de ce Mémoire, que je rapporterois les Expériences que j'ai faites pour découvrir la nature du ſel d'air fixe à baſe d'alkali végétal: il me ſemble que c'eſt naturellement ici qu'elles doivent trouver leur place: ces Expériences, au reſte, concourent toutes à me perſuader, qu'il n'y a preſque rien de changé à la nature de l'alkali. J'ai cependant reconnu, & ſuffiſamment conſtaté quelques différences, pour ne pas craindre de les annoncer.

Solution du ſel d'air fixe refroidit l'eau.

La diſſolution du ſel d'air fixe, qui avoit été ſimplement reſſuyé, ſur du papier gris, au ſortir de la cuve, a offert pluſieurs phénomènes intéreſſans. Elle a fait baiſſer de ſept degrés, au moment du mélange avec l'eau, le Thermomètre de M. de *Réaumur*, auquel on avoit laiſſé prendre ſéparément, dans le ſel, & dans l'eau, la température de l'air, qui étoit à neuf degrés au-deſſus de la congelation.

Développement de l'air.

Deux onces ſix gros de ce ſel, ayant été diſſoutes dans un flacon, par l'eau diſtillée froide, le bouchon a ſautillé pluſieurs fois, parce qu'il s'élevoit beaucoup de bulles d'air très-fines de la ſurface du ſel à celle de la liqueur.

La terre de l'alkali ſe précipite beaucoup plus qu'à l'ordinaire.

A meſure que cet air ſe dégageoit, il ſe ſéparoit auſſi des flocons blancs & légers, qui ſe précipitoient beaucoup moins vîte que le ſel. Lorſqu'on a filtré la liqueur, on a trouvé ſur le papier gris 33 grains d'une terre blanche, pareille à celle qui ſe ſépare ordinairement des alkalis, quand on les diſſout, mais qui a paru être ici, proportionnellement, en beaucoup plus grande quantité. (1)

(1) Lorſqu'on rediſſout celui qui a été recryſtalliſé, les mêmes phénomènes ne paroiſſent preſque plus. Ce qui doit arriver puiſque l'alkali ne retient que la portion d'air fixe, qui eſt néceſſaire pour le ſaturer, & que le reſte étant volatil, & n'étant retenu par aucune baſe, doit s'évaporer comme dans l'eau imprégnée, & les liqueurs fermentées qui perdent bientôt leur montant à l'air, c'eſt-à-dire, leur air fixe.

Enfin la diſſolution m'a fourni, par refroidiſſement, à la ſuite d'une évaporation très-lente, des cryſtaux à-peu-près pareils à ceux de l'alkali minéral, dont les lames appoſées les unes ſur les autres, ſont toutefois un peu plus conſtamment rectangles. M. *Sage*, qui a diſſous, & cryſtalliſé 2 onces de ce ſel que je lui avois donné, a obtenu des cryſtaux fort ſinguliers de pluſieurs formes différentes, mais dont les élémens de la cryſtalliſation ſont toujours cubiques : la plupart de ces cryſtaux reſſemblent à ceux qu'il a obtenus du ſel fébrifuge de *Silvius*. Forme des Cryſtaux.

Lorſque le ſel aërien a été fait à l'air libre de la cuve par le premier procédé que j'ai donné, les cryſtaux ſont embarraſſés dès la ſeconde cryſtalliſation, par une eau-mère, jaune, graſſe & très-huileuſe; au lieu que celui qui eſt fait dans des vaiſſeaux fermés, ſe cryſtalliſe beaucoup davantage, & ne laiſſe preſque point d'eau-mère.

Ce n'eſt que ſur le ſel, qui eſt réſulté de la première cryſtalliſation, après l'avoir rediſſous, que j'ai fait les Expériences ſuivantes. (1)

Il décrépite conſtamment, ce que ne fait ni l'alkali végétal, ni l'alkali minéral; il ſeroit cependant difficile d'en conclure la préſence de l'acide marin, puiſque le tartre vitriolé & pluſieurs autres ſels décrépitent de même. Ils décrépitent.

Il n'eſt point déliqueſcent comme l'alkali végétal, le plus pur, qui l'eſt toujours, même quand il eſt cryſtalliſé. J'ai laiſſé exprès à l'humidité pendant plus de deux ans, depuis la lecture du Mémoire, quelques cryſtaux de ſel d'air fixe, fort petits, qui ſont reſtés ſecs. Ils ne ſont point déliqueſcens.

Il n'eſt point pulvérulent & effloreſcent, comme l'alkali minéral; ſa ſaveur eſt alkaline, mais infiniment plus douce que celle de l'alkali pur, même que celui de la ſoude. Ils ne ſont point pulvérulents.

(1) Le ſel que le contact ſeul de l'air libre fait cryſtalliſer lentement dans la même liqueur, a tous les mêmes caractères.

Il verdit le ſyrop de violette, mais moins que les alkalis. J'ai eſſayé d'en réduire quelques cryſtaux en poudre, & de les laiſſer trois jours dans une cruche d'air fixe, pour voir ſi, en ſe ſaturant davantage, ils perdroient, en tout, ou en partie, cette propriété; mais je n'ai pu y remarquer aucune différence.

Il précipite les ſolutions métalliques de la même manière que les alkalis, excepté celle du vitriol de Mars, qu'il précipite ſous une couleur de café au lait (1); au-lieu qu'une goutte d'alkali végétal ou minéral le plus pur, la précipite en verd foncé.

Il fait une vive efferveſcence avec l'eſprit de vitriol le plus foible, avec les acides nitreux, marin, même avec le vinaigre radical, & il ſe cryſtalliſe comme à l'ordinaire, dans ces diſſolutions, du tartre vitriolé, du nitre, du ſel fébrifuge, & de la terre foliée.

Il ſe dégage beaucoup plus d'air de l'alkali végétal, quand il eſt combiné avec l'air fixe, que quand il ne l'eſt pas.

J'ai voulu ſavoir ſi l'efferveſcence de ce ſel avec les acides, avoit pour cauſe, l'excès d'alkali, ou une décompoſition de la partie, qu'on pouvoit ſuppoſer neutraliſée, & ſi l'acide de l'air fixe étoit le plus foible de tous. Pour m'en inſtruire, j'ai choiſi l'acide le moins fort, des acides connus, c'eſt-à-dire, l'acide végétal, qui eſt d'ailleurs celui auquel on doit, par préférence, ſuppoſer le plus d'analogie avec l'air fixe, produit par la Bière en fermentation. J'ai donc pris une partie de vinaigre radical, étendu dans huit parties d'eau, & j'en ai verſé gros, à gros dans deux verres, après avoir mis dans l'un deux gros

(1) Cette couleur de café au lait étant préciſément celle de la mine de fer ſpathique, qui, ſuivant les Expériences de toute la claſſe de Chymie de l'Académie des Sciences, ne diffère de la mine ordinaire que par l'air fixe qu'elle contient, a fait faire à M. *Lavoiſier*, l'un des Commiſſaires nommés pour examiner ce Mémoire, la conjecture ſingulière & fort vraiſemblable, que ce précipité n'étoit que du fer ſpathique artificiellement produit.

d'alkali végétal bien pur, & dans l'autre deux gros du même ſel, ſaturé d'air fixe, qui avoient tous deux été ſechés ſur le même bain de ſable.

L'expoſé de cette Expérience pourra ne pas ſembler fort intéreſſant au premier coup-d'œil; mais ſon réſultat le paroîtra ſûrement davantage.

Au ſeptième gros d'acide, l'alkali végétal, pur, ne donnoit plus d'efferveſcence, & au huitième les bulles d'air ont entièrement ceſſé de s'en dégager; tout le ſel étoit diſſous: cependant une eau très-légèrement chargée de ſyrop de violette, qu'on y a verſé, a pris aſſez promptement la couleur verte, & ne l'a entièrement perdue qu'au 12.me gros d'acide.

Au huitième gros, le ſel d'air fixe faiſoit encore une vive efferveſcence; il reſtoit beaucoup de ſel qui n'étoit pas diſſous; & cependant du ſyrop de violette étendu dans l'eau, qu'on a mêlé dans la diſſolution, eſt entièrement reſté bleu. Le ſel n'a été totalement diſſous, & l'efferveſcence finie, qu'au 18.me gros, des bulles d'air ont encore continué pendant près d'un quart d'heure à s'en dégager, & la liqueur rougiſſoit alors la teinture de Tourneſol.

J'ai encore tenté de chauffer au bain de ſable, 4 gros de ſel d'air fixe, ſec, dans une cornue tubulée Angloiſe, à bouchon de cryſtal, dont le col eſt uſé à l'Emeri, dans le goulot d'un récipient, où j'avois placé une demi-once d'eau diſtillée, colorée en bleu par la teinture de Tourneſol; l'eau a été très-peu aërée, la couleur à peine changée, & le ſel fourniſſoit à-peu-près autant d'air dans ſa diſſolution.

Air fixe intimement combiné avec l'alkali végétal.

Ce n'eſt qu'après avoir fait cette ſuite d'Expériences, que j'ai cherché, comme je l'ai dit au commencement du Mémoire, à connoître les travaux qu'on avoit déjà fait ſur l'air fixe, & entr'autres ceux de MM. *Prieſtley*, *Black*, *Macbride*, & *Jacquin*. J'ai lu ce que j'ai pu me procurer de leurs Ouvra-

ges, dans les originaux, & le reste dans l'excellent Abrégé, qu'a fait M. *Lavoisier*, de tout ce qui a été publié sur l'air fixe. J'ai trouvé que ces Physiciens avoient employé celui qu'on développe de la craie, par l'acide vitriolique, pour crystalliser l'alkali fixe végétal, & qu'ils avoient rappellé, par le même moyen, l'alkali fixe, & l'alkali volatil caustique, à l'état d'alkalis crystallisables.

Après cette lecture, j'ai cru devoir commencer par faire moi-même des observations, sur les principales de ces Expériences importantes.

Alkali volatil caustique, & air fixe crystallisant.

J'ai mis, en conséquence, l'alkali volatil, obtenu par l'intermède du *Minium*, qui est le plus fort de tous, le plus caustique, & celui qui crystallise le moins, dans un de mes cylindres de verre, avec de l'air fixe; les seules vapeurs de l'alkali volatil m'ont fourni à l'instant même la plus belle crystallisation, & lorsque j'ai ouvert le vase, j'ai reconnu qu'il y avoit eu absorption d'air.

Cette Expérience m'ayant paru mériter d'être répétée, j'ai descendu dans l'athmosphère d'air fixe, un de mes vases cylindriques, après y avoir versé deux onces du même alkali volatil; à l'instant où ses vapeurs ont touché l'air fixe, renfermé par le couvercle, qu'on avoit placé sur le vase, il s'est produit une très-forte chaleur. Je n'ai point encore fait d'Expérience pour déterminer les quantités relatives.

Je n'étois pas moins curieux d'observer les effets de l'air fixe sur les alkalis fixes-caustiques, que sur l'alkali volatil. J'ai préparé en conséquence, avec environ quatre ou cinq pintes d'eau distillée, la lessive d'une livre d'alkali minéral très-pur, dans laquelle j'ai fait éteindre assez de chaux pour la bien saturer, de ce que M. *Meyer* appelle le *causticum*. J'ai ensuite fait bouillir quelques instans cette lessive, & je l'ai filtrée.

J'ai préparé

J'ai préparé de la même manière, la leſſive d'une livre d'alkali fixe-végétal.

Ces deux leſſives ne faiſoient pas le moindre mouvement avec les acides; mais lorſqu'elles ont été réduites à une pinte à-peu-près par l'ébullition, dans des vaiſſeaux de fer, elles ſont devenues effervefcentes, & ayant achevé l'évaporation d'une partie de ces leſſives, dans des capſules de verre, celle d'alkali minéral s'eſt entièrement cryſtalliſée, avant d'être tout-à-fait deſſéchée, & celle d'alkali végétal eſt devenue à-peu-près auſſi effervefcente, qu'une leſſive d'alkali ordinaire; j'ai été ſurpris du peu d'adhérence, du ſoit-diſant *cauſticum*, à l'alkali.

Une portion des deux leſſives, que j'avois réduites, chacune, au volume d'une pinte, ayant été placée dans des petits bocaux ſuſpendus par des fils, au milieu d'une cruche d'air fixe, y a eſſuyé les mêmes changemens en quatre jours.

Telles ſont les Expériences que j'ai faites juſqu'à ce moment, ſur l'air fixe, de la Bière, en fermentation. On voit qu'elles ne préſentent rien, qui doive porter à tirer des conſéquences différentes de celles, qui dérivent naturellement de la théorie des hommes célèbres que j'ai cités, quoiqu'elles y ajoutent quelques faits nouveaux, dont je crois devoir, en peu de mots, récapituler les principaux.

La peſanteur de l'air fixe, eſt à-peu-près à celle de l'air commun, lorſque le Thermomètre eſt à ſix degrés au-deſſus de la glace, comme deux eſt à un; lorſqu'il eſt à 10 degrés au-deſſus, comme 10 eſt à 7, & lorſqu'il eſt à 10 degrés au-deſſous de la congelation, comme 10 eſt à 4.

Tout démontre qu'il exiſte un acide dans cet air, & qu'il n'y en a qu'une très-petite quantité, puiſque celui que peut abſorber une livre d'eau, qui en eſt ſaturée, ne paroît équivaloir, qu'à cinq gouttes d'huile de vitriol concentrée, affoiblie par 32 parties d'eau, ou à-peu-près.

Cet acide eſt volatil, comme l'a bien remarqué M. *Hey*. Je me ſuis apperçu, que l'acide vitriolique l'étoit auſſi un peu; mais l'acide de l'air fixe l'eſt beaucoup davantage, & paroît l'être au même degré que l'acide végétal, qui doit être, de tous les acides le plus reſſemblant à celui du mixte fourni par la Bière en fermentation.

L'union eſt ſi intime entre l'air fixe & ſon acide, que ce dernier l'oblige, plutôt que de s'en ſéparer, à s'unir aux alkalis, & qu'il en réſulte, lorſqu'on les combine dans des vaiſſeaux fermés, une raréfaction que le Baromètre démontre de $\frac{13}{14}$.

Si cette raréfaction ne ſuffiſoit pas pour prouver l'abſorption complète, & ſans décompoſition de l'air fixe par l'alkali, le poids dont cet alkali augmente, qui eſt préciſément celui de cet air abſorbé, fourniroit le complément de la preuve, & ſi elle ne ſembloit pas ſuffiſante, on en auroit encore une nouvelle démonſtration, par la quantité d'air conſidérable, qui ſe dégage du ſel d'air fixe, lorſqu'on le combine avec le vinaigre radical.

D'après ce petit nombre de points capitaux, n'eſt-il pas permis de ſoupçonner, qu'on a fait trop peu d'attention juſqu'ici à l'acide, qui exiſte dans l'air fixe? Cet acide dont cet air ſuit le ſort, lorſqu'il s'unit aux corps qui en ſont avides, ne paroît-il pas devoir être le moyen d'appropriation, que la Nature emploie, pour mettre l'air commun en état de ſe combiner intimement avec les corps? Ceux dont elle ſe ſert pour opérer en grand, cette combinaiſon première de l'air avec une petite portion d'acide, ſont les fermentations, les effervеſcences, &c. il en réſulte un compoſé neuf, & entièrement différent de l'air ſimplement chargé de vapeurs acides. Ce dernier eſt très-coërcible, & l'air fixe eſt preſque incoërcible, quand il eſt ſeul : il éteint la flamme dans l'inſtant, & tue les animaux en peu de ſecondes; l'air chargé de

vapeurs acides, n'a point ces caractères (1); enfin l'air fixe est bien certainement un être distinct; mais à quel point pouvons-nous espérer de connoître son acide principe, puisqu'il enchaîne plutôt l'air dans les corps, que de s'en séparer, & qu'il s'est dérobé jusqu'ici à tous les efforts que nous avons faits pour y parvenir.

Je suis cependant loin d'être absolument sans espérance sur ce sujet; il y a des Expériences difficiles & longues, qui pourront vraisemblablement y faire parvenir.

J'ai remarqué que le sel d'air fixe crystallisé, bien séché, de première crystallisation, & par conséquent exempt de tout excès d'alkali, n'est pas déliquescent, & n'a éprouvé au bout d'un mois aucune diminution sensible, mais il s'y attache cependant, dès les premiers jours, une légère humidité superficielle qui ne fait point de progrès: or, la très-petite portion d'acide de l'air fixe, provenant de la bière, doit être naturellement analogue à l'acide végétal; seroit-ce donc que cet acide auroit formé, avec l'alkali végétal, quelques atomes de terre foliée, qui est, comme on sait, un sel déliquescent & qui doit être le résultat naturel de cette combinaison?

Doit-on regarder encore comme impossible d'unir directement quelques grains d'une base quelconque, avec la petite portion d'acide de l'air fixe, qui existe en nature dans l'eau qui en est saturée, & de retrouver ensuite, par l'évaporation, le sel neutre, qui auroit été produit par son union avec cette base?

Cette idée est d'autant moins destituée de fondement, qu'un petit nombre de gouttes d'alkali enlèvent dans l'instant toute saveur quelconque à l'eau aërée la plus piquante.

---

(1) L'air chargé de vapeurs de l'esprit de nitre éteint cependant la flamme; mais il est coërcible.

L'air fixe ne change rien à une solution d'alkali minéral.

Enfin l'alkali minéral, pourvu de tout l'air fixe qu'il lui faut pour crystalliser, est-il totalement hors d'état de porter sur l'acide seul son action alkaline ? J'ai déjà exposé dans une cuve de bière, six bocaux de huit ou dix pintes, dans chacun desquels il y avoit quelques onces d'une solution, saturée d'alkali minéral; leurs parois se sont garnis de très-petits points blancs, quelques légères croûtes salines se sont formées à la surface de la liqueur; mais le tout m'a fourni si peu de sel, que j'ai eu grande peine à retirer quatre gros du total, qui ne m'ont donné, en les crystallisant, que des crystaux d'alkali minéral.

En terminant ce Mémoire, je crois devoir rapporter une dernière Expérience, qui n'a point de trait à l'air fixe de la Bière, mais qui est bien essentielle à l'histoire de l'air fixe en général, & qui pourroit faire demander, s'il seroit si absurde d'imaginer, comme l'ont fait plusieurs Chymistes célèbres, que l'acide du feu, ou de la lumière joue un rôle important dans cet air. Voici cette Expérience.

La vapeur du charbon allumé, n'est que de l'air fixe.

J'ai placé un moyen fourneau, plein de charbon, à l'une des extrémités d'un cabinet, de six pieds de longueur, sur trois de largeur, & j'ai mis à l'autre, sur le plancher, un bocal enduit d'alkali, que j'ai garanti de la chaleur du fourneau, par une caisse, qui forme un cube d'environ 18 pouces. Des tablettes garnissent toute la hauteur du cabinet. Deux bougies, dans leurs flambeaux, ont été posées, l'une sur la plus haute, l'autre sur la plus basse. J'ai bien calfeutré la porte qui est vitrée, & je suis resté auprès pour observer. La lumière la plus élevée s'est éteinte la première, la plus basse dix minutes après; je suis entré dans le cabinet alors, & j'ai trouvé l'alkali entièrement crystallisé sur toutes les parois du bocal. Je rapporte simplement le fait. J'ai dit que je ne me permettrois ni conjectures ni hypothèses.

M. *Sage*, devant qui j'ai répété cette Expérience au Jardin

du Roi, en a varié la première partie d'une façon intéressante. Il a attaché, sur un fromage destiné à élever les creusets, deux bougies, l'une de trois pouces de hauteur, l'autre de deux. Après les avoir allumées, & avoir posé le tout sur la platine d'une machine pneumatique garnie de ses cuirs, il l'a recouvert avec un récipient, sur lequel il a appuyé quelques instans. La plus élevée des lumières s'est éteinte la première, la seconde quelques momens après. Le récipient s'est attaché aux cuirs, & lorsqu'on a ouvert la communication avec l'air extérieur, il en est rentré beaucoup.

La chaleur, au reste, contribue si-bien à faire crystalliser l'alkali, que de deux bocaux qui en sont enduits, & qu'on laisse passer la nuit, l'un dans une chambre chaude, où il n'y a cependant point de feu; l'autre dans une chambre froide, le premier seulement est sensiblement crystallisé le lendemain, & l'autre ne l'est pas; il n'est pourtant pas vraisemblable que l'évaporation seule en soit la cause, puisqu'en laissant le second des bocaux passer au froid plusieurs jours, il se seche absolument, sans prendre presque de forme crystallisée. J'ai remarqué, à la vérité, que s'il étoit dans un lieu assez froid, pour que l'évaporation demandât beaucoup de tems, il crystallisoit beaucoup davantage. J'ai cru remarquer encore que l'alkali de ces bocaux se crystallisoit moins, quand ils séjournoient dans une chambre obscure, que quand ils étoient exposés à une vive lumière; mais, pour établir des points certains, sur des Expériences aussi délicates, il faudroit en faire auparavant sur la pureté de l'alkali du tartre, de beaucoup plus exactes, que l'on n'en a faites jusqu'à présent. On a donné des Mémoires sur la manière de le faire crystalliser; je crois que des observations sur la façon de l'en empêcher, seroient beaucoup plus justes & plus intéressantes; les nuances les plus légères y font de grandes différences, &, pour en donner une idée, il suffit de faire connoître qu'il y en a une fort grande entre

Effets de la simple chaleur sur une solution d'alkali végétal.

l'alkali le plus pur, préparé par déliqueſcence, & celui qui l'eſt par diſſolution; le premier précipite en blanc la ſolution de cryſtaux de Lune, & le ſecond la précipite en brun preſque noir. Cette couleur eſt plus ou moins obſcure, ſuivant que l'on a employé le ſel de tartre plus ou moins deſſéché; s'il l'eſt beaucoup, il s'échauffe beaucoup avec l'eau dans laquelle on en fait la diſſolution, qui, dans ce cas, n'eſt jamais bien blanche.



ADDITION

AU MÉMOIRE PRÉCÉDENT.

EXPÉRIENCES *qui paroiſſent démontrer que l'air fixe, & l'acide marin volatil, n'ont aucunes qualités communes, & que cet acide marin volatil, a toutes celles de l'acide marin ordinaire, excepté qu'il eſt moins volatil.*

PEU de jours après que j'eus fait la lecture d'un Mémoire ſur l'air fixe, à l'Académie, M. *Sage* fit paroître une brochure, qui porte le titre d'*Analyſe des Bleds*. On y lit, *p.* 89, le paſſage ſuivant, au Chapitre intitulé: *De l'Acide volatil*, qui ſe dégage de la fermentation de la Bière.

« Rougir en un inſtant la teinture de Tourneſol, faire cryſ-
» talliſer l'huile de tartre par défaillance, en y introduiſant
» un acide, qui lui donne les propriétés du ſel ſpathique, ſont
» les Expériences, qui ont ſervi à faire voir à M. le Duc de
» *Chaulnes*, que le prétendu Air fixe n'étoit autre choſe qu'un
» Acide ſurchargé de matières inflammables. »

On lit encore, *page* 90; « J'ai examiné le ſel neutre formé
» par l'alkali fixe, & l'Acide volatil de la bière; j'ai trouvé qu'il
» étoit ſemblable au ſel formé par l'alkali, & l'Acide marin mo-
» difié par une matière graſſe, c'eſt l'Acide que j'ai déſigné ſous
» le nom d'*Acide marin volatil.* »

M. *Sage* n'a pu exprimer plus clairement, ce me ſemble;

qu'il regarde l'Air fixe, & l'Acide marin volatil, comme une ſeule & même ſubſtance.

On trouve enſuite, à la *page* 72, un Chapitre entier, dont le titre eſt : *De l'Acide marin volatil*, & qui indique, pour s'en procurer, le procédé ſuivant. Triturer d'abord deux gros d'huile, avec 16 parties de ſablon lavé, pour augmenter les ſurfaces, & y ajouter enſuite, en broyant toujours, quatre gros d'Acide marin, *non fumant :* on doit enſuite introduire ce mélange dans une cornue, & y joindre un récipient, dont il faut que les parois ſoient enduites d'alkali en liqueur ; ſeul moyen, dit M. *Sage*, de raſſembler ces vapeurs preſque incoërcibles. Six ſemaines après, on trouve dans l'alkali, des cryſtaux cubiques, qui précipitent la diſſolution d'argent en jaune citron.

Ce même procédé ſe rencontre déjà, mais avec quelque différence à la *page* 99 des Mémoires de Chymie de M. *Sage*. Il vouloit alors qu'on employât l'Acide marin, *fumant*, au-lieu de celui qui ne l'eſt pas, & qu'on entretînt ſous la cornue un feu, qui répondît au 48.e degré du Thermomètre de *Réaumur*.

Après avoir donné, dans ſa nouvelle Brochure, & dans un Chapitre ſéparé, le moyen de préparer directement l'*Acide marin volatil*, ſuivent ſept autres Chapitres, intitulés:

Acide marin volatil,

1.° De la diſſolution des Métaux ſpathiques.

2.° De la matière lumineuſe du Phoſphore.

3.° De l'Électricité.

4.° De la diſtillation du Charbon en poudre.

5.° De la ſaturation des Alkalis, ou Terres calcaires par les acides.

6.° De la diſtillation

6.° De la distillation de la Craie.

7.° Du Mercure précipité, *per se.*

La preuve unique, & générale que donne M. *Sage*, qu'il existe de l'Acide marin, dans toutes ces substances, est que leurs émanations forment, en se combinant avec l'alkali végétal, des crystaux pareils à ceux que produisent avec ce sel, les vapeurs d'*Acide marin volatil*, & qui ont le même caractère de précipiter en jaune citrin la dissolution d'argent.

Les faits que j'avois présentés, comme constans, à l'Académie, la première fois que j'ai eu l'honneur d'y faire une lecture, se trouvoient trop formellement contredits par toutes ces assertions, pour que je pusse me dispenser d'y répondre. J'avois eu soin de dire, à la vérité, même en lisant le titre de mon Mémoire, que je ne m'étois servi du mot d'*air fixe*, pour désigner le mixte qui se dégage des végétaux en fermentation, que parce que c'étoit celui que l'on avoit le plus ordinairement employé jusqu'ici, en observant toutefois, qu'un nom absolument neuf, me paroissoit nécessaire pour caractériser une substance, entièrement différente de toutes les substances connues; mais j'ajoutois ensuite que si j'étois peu attaché à lui donner un nom quelconque, je l'étois infiniment davantage à la définition, que j'estimois devoir en faire; qu'il me sembloit donc qu'on devoit regarder l'air fixe, comme une combinaison si intime, d'un peu d'acide avec l'air commun, qu'il en résultoit un composé nouveau, doué de qualités nouvelles, & qui ne participoit presque plus de celles qu'avoient l'Air & l'Acide avant leur réunion.

On imagine bien, avec quelle réserve & quelle timidité j'ai dû avancer cette conjecture, quoiqu'elle m'eût paru démontrée par mes Expériences.

Lorsque j'ai vu M. *Sage* affirmer d'une manière aussi positive, que l'Air fixe n'étoit que de l'Acide marin volatil, on sent combien j'ai dû me repentir de m'être autant avancé; ne

pouvant douter, qu'avec infiniment plus de connoissances chymiques que je n'en puis avoir, M. *Sage* ne dût soutenir un avis aussi nouveau, par une multitude d'Expériences soigneusement répétées. Je ne pouvois cependant me défendre de quelque surprise, en me rappellant qu'il m'avoit fait dire à moi-même, *page 89* de l'Analyse des Bleds, précisément le contraire de ce que j'avois dit; mais je me persuadois, par réflexion, que M. *Sage* prévoyant bien que son sentiment devoit prévaloir, avoit simplement voulu me rendre le service de m'y faire publiquement adhérer d'avance.

L'intérêt de défendre mes idées, n'a pas été le seul motif qui m'ait déterminé à entreprendre des recherches sur l'Acide marin volatil. Le système de M. *Sage*, en Chymie, étant tout-à-fait différent des autres, & presque entièrement fondé sur cette substance, j'ai cru qu'il importoit au progrès de la science de s'assurer si cette base étoit vraie, ou fausse, par des Expériences soignées & répétées, que je ne voyois pas qu'on eût encore faites.

Je vais donc examiner d'abord, en peu de mots, quel degré de confiance on peut donner aux conséquences qu'on déduit de la crystallisation des alkalis; & je chercherai ensuite, par des épreuves comparées, à mettre en état de prononcer sur la ressemblance, ou la dissemblance de l'Air fixe, avec l'Acide marin volatil. Je me bornerai, dans ce Mémoire, à traiter seulement ces deux objets, d'autant qu'ils me paroissent devoir entraîner, par leur éclaircissement, une décision absolue sur ce qu'on doit penser des sept autres Chapitres.

Tout le monde sait combien on observe de variétés dans les crystallisations, à quel point elles sont peu constantes, & combien elles dépendent des circonstances qui paroissent les plus indifférentes, au premier coup-d'œil, telles que la forme des vases, le degré d'agitation qu'ils éprouvent, l'épaisseur de l'eau de dissolution, & une multitude d'autres, dont on ne connoît que la moindre partie, & qui concourent à rendre

les formes cryſtalliſées ſi incertaines, qu'elles n'ont jamais été regardées en Chymie, comme fourniſſant des preuves ſuffiſantes, quand elles ſont ſeules, pour prononcer ſur un fait, quel qu'il ſoit, à plus forte raiſon pour être le ſeul fondement d'un nouveau ſyſtême. J'ai fait cryſtalliſer, par une évaporation très-lente, l'alun ſaturé de ſa terre, ſous une forme cubique, composée d'élémens cubiques: M. *Bayen* a obtenu, par le même procédé, l'alun de roche ordinaire, cryſtalliſé ſous cette même forme. M. *Cadet* m'a donné du ſel marin cryſtalliſé en aiguilles. J'ai eu dans les mêmes terrines des cryſtaux d'alkali minéral très-différens les uns des autres, & j'ai toujours remarqué que les cryſtalliſations de l'alkali végétal étoient les plus ſujettes de toutes à varier, ſans qu'on pût ſouvent en déterminer les cauſes. J'ai fait des recherches ſur ces incertitudes, qui m'ont, à la vérité, donné de fortes préſomptions; mais je me crois encore ſi fort éloigné de pouvoir adopter, ſur cet objet, des idées excluſives, que j'ai cru devoir inſiſter à l'avant-dernière page de mon Mémoire, ſur la réſerve avec laquelle il falloit employer ces cryſtalliſations, comme le moyen d'établir un ſentiment quelconque. Je crois cependant pouvoir citer, comme une exception, la méthode neuve dont je me ſuis ſervi, pour parvenir en peu de ſecondes, & par la ſimple tranſvaſion de l'Air fixe, à faire cryſtalliſer beaucoup d'alkali: je n'en tire d'ailleurs aucune induction forcée, & ce n'eſt pas un de ces procédés incertains, plus que problématiques, & à-peu-près inviſibles, qui ne font qu'embrouiller la ſcience, & dont on ſe ſert ſouvent pour prononcer affirmativement ſur un nombre de faits nouveaux, auxquels, pour être fort importans, il ne manque que la vérité. Mais n'en voilà que trop ſur l'incertitude des cryſtalliſations; examinons, par des Expériences & des procédés plus ſûrs, ſi l'on doit croire à l'exiſtence de l'Acide marin volatil.

J'ai trituré enſemble, comme le preſcrit l'*Analyſe des Bleds*, une demi-partie d'huile, une partie d'Acide marin, *non fumant*, & ſeize parties de ſable lavé: j'ai mis enſuite le tout

dans un flacon de cryſtal, à large ouverture, contenant environ deux pintes.

J'ai introduit dans un pareil flacon, ſeize parties du même ſable, ſimplement trituré, avec une partie du même Acide marin, & j'ai obſervé, par comparaiſon, les effets qui ont réſulté de ces deux mêlanges.

N'ayant pu y remarquer aucune différence, en employant, comme je le faiſois, l'Acide marin, *non fumant*, preſcrit par l'*Analyſe des Bleds*, j'ai cru devoir recommencer l'Expérience, en y ſubſtituant l'Acide marin, *fumant*, demandé par *les Mémoires de Chymie*, j'ai effectivement reconnu qu'il ſe dégageoit alors des vapeurs un peu plus piquantes, du mêlange où il entroit de l'huile, que de celui où il n'en entroit pas.

Ce fait ne préſente pourtant rien d'extraordinaire; car il eſt fort ſimple que l'Acide marin, qui n'a preſque point d'action ſur les corps gras, en ait un peu davantage lorſqu'on multiplie leurs ſurfaces, & qu'il s'en exhale en conſéquence, ſur-tout dans les premiers momens, des vapeurs plus piquantes, qui ſeroient totalement inſoutenables, ſi l'on employoit, au-lieu d'Acide marin, ſeulement quelques gouttes d'Acide nitreux. Il doit ſe faire en même-tems une combinaiſon d'huile & d'Acide, qui, en neutraliſant une portion du mêlange, lui donne une ſorte de qualité réſino-ſavonneuſe, & lui enlève une partie de ſon activité. Je m'attendois encore que, dans le premier moment, l'effervеſcence inſenſible pourroit dégager un peu d'Air fixe, comme toutes les effervеſcences en dégagent, & j'ai été fort ſurpris de n'en pas trouver, même l'apparence, dans aucun inſtant.

La lumiere s'éteint dans l'air fixe, & ne s'éteint point dans l'acide volatil marin.

Ce qui me fait dire, dans aucun inſtant, c'eſt qu'ayant ſucceſſivement deſcendu dans les deux flacons, & à différentes époques, une bougie allumée, elle a tranquillement continué d'y brûler, tout le tems qu'on l'a laiſſée dans l'intérieur des vaiſſeaux qui etoient remplis de vapeurs. On ſait que la

flamme, de quelque nature qu'elle ſoit, s'éteint ſubitement dès qu'elle entre dans un athmoſphère d'Air fixe.

Après cette Expérience, qui m'a déjà paru prouver, que l'*Acide marin volatil*, n'étoit pas de l'Air fixe, j'en ai répété une autre, qui avoit été imaginée par M. *Sage* lui-même, un jour que je l'avois invité à être témoin de quelques-unes des miennes.

Dans la perſuaſion où il étoit, que l'Air fixe étoit autre choſe que de l'Acide marin volatil, il n'héſita pas à faire deſcendre dans la cave de bière en fermentation, deux bocaux, dans l'un deſquels il avoit mis de la diſſolution d'argent, par l'Acide nitreux; & dans l'autre, de la diſſolution de mercure, par le même Acide. Tout le monde ſait, qu'un atome d'Acide marin trouble ſur-le-champ ces diſſolutions; mais un ſéjour de cinq heures dans l'Air fixe, ne put altérer en aucune manière leur limpidité.

L'air fixe ne précipite point les ſolutions d'argent ou de mercure, par l'acide nitreux.

Comme cette Expérience, deſtinée par M. *Sage*, à appuyer ſon opinion, me ſembloit prouver, au contraire, entièrement contre la ſienne, en faveur de la mienne, j'ai cherché depuis à la rendre plus frappante, & j'ai verſé, pour cet effet, de la diſſolution d'argent dans l'eau diſtillée, bien ſaturée d'Air fixe, qui en contient, par ce moyen, plus de deux fois ſon volume, & qui, dans cet état, rougit très-promptement la teinture de Tourneſol; mais, après cette addition, l'eau ſaturée eſt reſtée toute auſſi limpide qu'auparavant.

L'Air fixe ne précipitant point l'argent, diſſous dans l'eſprit de nitre, les vapeurs de l'Acide marin volatil ne devoient pas, ſuivant l'Auteur de l'Analyſe des Bleds, le précipiter davantage. Pour m'en inſtruire, j'ai mis de cette diſſolution dans deux phioles, que j'ai ſuſpendues, débouchées, au deſſus des mêlanges, & dans la partie vide, des gros flacons où ils étoient contenus; un peu de ruban attachoit à leurs bouchons, ces deux phioles. Leurs ouvertures étant fort etroites,

L'acide marin volatil les précipite.

ce n'eſt qu'au bout de 10 ou 12 minutes, que les émanations de l'eſprit de ſel ont pu s'y introduire, & occaſionner la précipitation, qui avoit également rendu blanches comme du lait, au bout d'une demi-heure, les liqueurs d'epreuves contenues dans les phioles (1).

Dès cet inſtant, j'avoue qu'il m'a paru que ſi les vapeurs de l'*Acide marin volatil*, ne reſſembloient point à celles de l'Air fixe, elles avoient en récompenſe beaucoup de qualités communes avec celles de l'Acide marin ordinaire.

Il me reſtoit encore à connoître les effets de l'Acide marin volatil ſur l'alkali du tartre. Pour y parvenir, j'ai couché horizontalement, & débouché les deux flacons qui contenoient les mélanges à la doſe de quatre onces, & j'ai lutté contre leur ouverture, avec la cire molle, deux bocaux, auſſi couchés horizontalement, & qu'on avoit intérieurement enduits d'alkali.

Bientôt les parois de ces bocaux ſe ſont couvertes d'une croûte ſaline, qui n'avoit point de forme cryſtalliſée, & la liqueur raſſemblée dans la partie inférieure de ces vaſes n'ayant fait que s'épaiſſir, n'a formé qu'une gelée épaiſſe & preſque tranſparente.

Comme j'avois vu, chez M. Sage, des cryſtaux ſous l'alkali,

L'air fixe précipite l'eau de chaux.

(1) Depuis que ce Mémoire a été lu à l'Académie, M. *Lavoiſier*, l'un des Commiſſaires nommés pour ſon examen, a fait une Expérience, qui prouve au moins autant que les précédentes contre l'identité de l'Air fixe & de l'acide marin volatil : on ſait qu'à l'inſtant où l'eau de chaux touche la première de ces ſubſtances, il s'y forme un précipité blanchâtre qui trouble la liqueur; mais envain l'a-t-on renfermé avec de fortes vapeurs d'acide marin volatil, elle n'a rien perdu de ſa limpidité.

L'acide marin volatil, au contraire, diſſout le précipité.

J'ai cru pouvoir rendre cette Expérience encore plus démonſtrative en expoſant aux mêmes vapeurs d'acide marin volatil, l'eau de chaux déjà troublée par le précipité qu'occaſionne l'Air fixe, il eſt arrivé ce que j'avois prévu. L'addition de l'acide a rediſſous la portion de terre calcaire, précipitée, dont l'interpoſition avoit fait ceſſer la tranſparence de la liqueur, qui eſt redevenue diaphane.

contenu dans un récipient, qu'il avoit joint à une cornue, où l'on avoit mis le mêlange propre à produire l'*Acide marin volatil*, j'ai cru devoir répéter l'Expérience, &, après avoir fait les mêlanges de nouveau; à la dose d'une livre de sable chacun, & du reste à proportion, pour opérer d'une manière plus sensible, je les ai introduits dans deux cornues, que j'ai chauffées sur le même bain de sable. J'ai employé le feu peu considérable, que prescrit M. Sage *dans ses Mémoires de Chymie*, & il m'a encore procuré les mêmes résultats: l'alkali n'a donné, comme auparavant, qu'une gelée, qui étoit seulement un peu plus opaque.

Ces observations m'ayant fait soupçonner, que la clôture exacte des vaisseaux, dans lesquels on traitoit ces substances, pouvoit influer sur les altérations qu'essuyoit l'alkali; j'ai pris de nouveaux balons, enduits de nouvelle liqueur, & j'ai simplement introduit les becs des cornues dans leurs ouvertures, sans les y lutter; les sels qui se formoient, ont commencé pour lors à prendre une forme crystallisée, mais très-confuse. Après les avoir retirés des récipients, je les ai séparés de l'alkali, & les ayant dissous dans l'eau distillée, je les ai fait crystalliser; celui qui avoit été formé par les vapeurs de l'Acide marin seul a pris la forme parallélipipède, que prend communément le sel fébrifuge, & celui qui avoit été produit par les vapeurs du mêlange d'huile & d'Acide marin, n'a donné qu'une crystallisation un peu plus informe.

Clôture des vaisseaux empêche la crystallisation.

C'est à cette dernière différence presqu'insensible, que s'est réduit tout ce que j'ai pu observer de dissemblable entre les résultats des produits de l'Acide marin pur, & de celui où l'on a mêlé un peu d'huile, qui d'ailleurs ont toujours été constamment, & absolument semblables.

J'avois eu soin, pendant ces dernières épreuves, de tenir les récipiens plus élevés que les cornues, afin qu'il ne pût y passer que des vapeurs; mais comme je remarquai, qu'il se condensoit beaucoup de gouttes sur les parois des vaisseaux, il me

parut qu'il n'étoit pas impossible, comme l'avoit assuré M. *Sage*, de les rassembler sans le secours de l'alkali.

Acide marin volatil plus coërcible que l'acide marin ordinaire.

Je joignis au col des cornues, pour m'en éclaircir, de nouveaux récipiens, propres, sans les lutter; les vapeurs de l'Acide marin pur passèrent, avec tous les signes d'expansibilité qu'elles ont coutume de donner; & celles de l'Acide marin volatil, au contraire, se condensèrent beaucoup plus tranquillement: elles avoient perdu le montant de l'Acide marin, mais elles exhaloient une sorte d'odeur aromatique & résineuse, qui tient beaucoup aussi de celle de la cire; les gouttes tomboient toutes les vingt secondes, & j'ai trouvé, dans le balon, près de deux onces de liqueur, que j'ai apporté dans le flacon, que j'ai l'honneur de mettre sous les yeux de l'Académie.

En augmentant le feu, la partie du mêlange qui touchoit le fond de la cornue, a indiqué par une couleur noire, que l'huile commençoit à se convertir en charbon.

Ces Expériences ne suffiroient pas, sans doute, si j'avois entrepris d'analyser exactement la nouvelle substance, qui résulte de l'union de l'huile avec l'esprit de sel; mais je ne crois pas qu'il soit nécessaire d'en ajouter de nouvelles, pour établir les points dont j'ai entrepris l'examen, sur-tout si on veut bien se rappeller quelques-uns des essais qui sont contenus dans le Mémoire que j'ai déjà donné.

Quoique l'Air fixe opere si promptement & si facilement la crystallisation de l'alkali vegetal, on peut se ressouvenir, que j'ai fait, sur l'alkali minéral, des épreuves dont le succès a été bien différent: il est resté pendant six heures dans la cuve, sans y essuyer la moindre altération: or je demande, (car ce n'est plus d'Acide marin dont il est ici question) quelle est la singulière espèce d'Acide, (s'il n'est pas différent des Acides connus) qui n'exerce aucune action sur la solution d'alkali minéral, pendant qu'il en exerce une si vive, sur celle d'alkali végétal?

Cet alkali

Cet alkali végétal même, lorſqu'il eſt une fois cryſtalliſé par l'Air fixe, n'eſt plus ſuſceptible d'y eſſuyer, par ſon ſéjour, aucun autre changement : vainement le laiſſe-t-on très-long-tems expoſé dans une cuve, même à très-petite doſe, telle que deux gros, par exemple, & réduit en poudre impalpable, pour qu'il donne plus de priſe au fluide environnant; on ne lui fait acquérir aucun nouveau caractère.

Si cet alkali étoit un ſel neutre, d'une nature ordinaire, comme le prétend M. *Sage*, il faudroit auſſi ſoutenir la même choſe de l'alkali minéral.

On m'objectera, ſans doute, que l'alkali cryſtalliſé par l'Air fixe, a les caractères particuliers, de n'être ni déliqueſcent, ni efflereſcent, comme je crois l'avoir obſervé le premier, & de décrépiter, comme M. *Sage* l'a remarqué, *page* 248 de ſes Mémoires de Chymie, en parlant du ſel formé par la combinaiſon de l'alkali végétal, & de ce qu'il appelloit alors *un mixte ſalin volatil.*

On ſait d'abord, que la décrépitation ne dépend que de la grande quantité d'air, & de la petite quantité d'eau qui eſt contenue dans un ſel, & celui dont il s'agit, eſt bien certainement dans ce cas.

Quant à la déliqueſcence & à l'effloreſcence, il me ſemble qu'on n'a pas encore des idées bien nettes ſur leurs cauſes; mais l'abſence ſeule de ces qualités n'eſt certainement pas une preuve de neutraliſation, & cependant l'alkali aëré a préciſément d'ailleurs toutes celles de l'alkali commun. On ne rappellera pas, qu'il verdit le ſyrop de violette, & qu'il a préciſément la même ſaveur que l'alkali minéral, parce qu'on ne manqueroit pas de répondre, qu'il y a des ſels neutres qui conſervent ces caractères.

Mais il me ſemble, qu'on peut employer, comme une preuve plus forte de ſa neutraliſation, & qui auroit même été reconnue juſqu'ici comme abſolue, la très-grande effer-

veſcence qu'il fait avec tous les Acides ; il ſe dégage plus de deux fois autant d'air, par ce moyen, de l'alkali aëré, que de l'alkali ordinaire. Quoique cette grande quantité d'air ſoit encore de l'Air fixe, pareil à celui qui avoit été abſorbé, devons-nous nous défier aſſez du rapport de nos ſens, pour croire que ce qui a ſi fort l'apparence de l'Air commun, en ſoit abſolument deſtitué.

Il me paroît d'ailleurs, parfaitement prouvé, que l'Acide, dont nous avons démontré l'exiſtence dans l'Air fixe, eſt le plus foible de tous, & qu'il a des caractères abſolument particuliers; celui de n'exercer aucune action ſur l'alkali minéral, ſuffiroit ſeul, à ce qu'il me ſemble, pour décider la queſtion. Il en a encore une autre, qui eſt de ne pouvoir ſe combiner qu'en très-petite quantité avec l'eau, qui s'en trouve cependant ſaturée. J'ai démontré, en enlevant à cette eau toute ſa ſaveur, par quelques gouttes d'alkali, & en employant cette même eau ſaturée, à colorer la teinture de Tourneſol, par comparaiſon avec des Acides connus, qu'il ne pouvoit exiſter dans l'Air fixe, qu'une infiniment petite quantité de molécules acides.

La manière dont il me paroît donc qu'on peut définir l'Air fixe en peu de mots, eſt de dire, que c'eſt un Acide d'un genre certainement particulier, qui exiſte dans l'air commun en état de diſſolution, au contraire des autres Acides, qui ne peuvent y être qu'en état de ſuſpenſion, ou d'interpoſition.

Mais je m'écarte inſenſiblement des queſtions que je me ſuis propoſé d'examiner dans ce Mémoire : je crois, non-ſeulement qu'il eſt tems de le terminer, mais pouvoir finir par conclure, qu'il n'y a nulle identité entre l'Air fixe, & l'Acide marin volatil, &, qu'excepté d'être moins volatil, cet Acide marin volatil a toutes les propriétés de l'Acide marin ordinaire.



MÉMOIRE
SUR
Quelques circonſtances qui accompagnent la décompoſition du SEL AMMONIAC *par la Chaux vive, par les matières métalliques & par leur Chaux, relativement aux propriétés attribuées à l'Air fixe.*

Par M. BUCQUET.

LA THÉORIE qui poſe les principes fondamentaux d'une ſcience, qui rapproche les faits épars pour les préſenter à l'eſprit avec plus d'ordre & de préciſion, eſt certainement la partie la plus brillante & la plus digne d'occuper les perſonnes que leur génie élève au-deſſus des artiſans vulgaires: mais cette partie ne peut être utile qu'autant qu'elle ſe trouve circonſcrite dans de juſtes bornes, qu'elle ſe plie aux faits, & n'oppoſe point à des expériences avouées, les écarts d'une imagination quelquefois brillante & ſouvent déréglée. C'eſt dans ce dernier cas, à ce qu'il me ſemble, que tombent beaucoup de Chymiſtes, qui embraſſent une opinion nouvelle, & la Chymie riche, en ce moment, d'un grand nombre de faits, paroît être à la veille de ſubir le ſort qu'éprouva la Médecine d'Hyppocrate, au tems de Paracelſe.

Préſenté le 7 Août 1773.

Depuis Stahl, on a tout attribué au phlogiſtique. M. *Meyer* a imaginé l'exiſtence d'une eſpèce d'acide qui paſſe à travers les vaiſſeaux les plus compacts; & cette opinion, quoique peu d'accord avec les faits, & enveloppée d'une obſcurité rebutante, n'a pas laiſſé de trouver quelques défenſeurs:

à peine s'eſt-on occupé de recherches ſur l'air fixé, que les ſentimens des Chymiſtes ſe ſont partagés ; les uns trouvant plus court & plus facile de plier les faits à leur imagination, que de ſoumettre leur imagination aux faits, ſe contentent de nier l'exiſtence de cet air : d'autres, partiſans zélés des nouvelles découvertes, ont tenté d'expliquer les phénomènes les plus brillans & les plus ſinguliers, à l'aide de l'air fixé. *Ces derniers méritent mieux d'être combattus, & ſont d'autant plus dangereux*, que leurs ſentimens portent ſur des faits dont pluſieurs ſont inconteſtables. Il eſt démontré, d'une manière évidente, qu'on retire de l'analyſe des divers corps, des produits volatils fort différens les uns des autres, & qui paroiſſent avoir beaucoup d'analogie avec l'air. Quoique je ſois loin d'imaginer qu'il y ait autant d'airs particuliers qu'il exiſte de corps dans la Nature, je ne m'aviſerai cependant pas de regarder comme identiques tous ceux dont on a parlé juſqu'ici, à moins qu'on ne ſoit parvenu à les mettre dans le même état; au contraire, je les diſtinguerai ſoigneuſement, parce qu'ils ont, dans le moment où on les a obſervés, des propriétés particulières qui méritent de fixer l'attention des Chymiſtes: ce n'eſt donc que contre ceux qui abuſent des meilleures choſes, au détriment de la ſcience, que je m'élève aujourd'hui. Je ne ſuis ni pour ni contre l'exiſtence de l'air fixé, & comme j'ai dit ce que j'avois vu de particulier dans les recherches que j'ai faites ſur cette ſubſtance, je préſente, avec la même fidélité, quelques Expériences, fruit de mes réflexions ſur le ſyſtême du Docteur *Black* & de ſes partiſans. Elles auront pour objet de faire voir, 1.° que leur opinion ſur la nature de la chaux n'eſt point à l'abri des contradictions; 2.° de démontrer qu'en général rien n'eſt plus difficile en Chymie, que d'établir une théorie qui généraliſe & raſſemble tous les faits; 3.° enfin que l'empreſſement de rendre raiſon de tous les phénomènes eſt plus nuiſible qu'utile aux progrès de cette ſcience.

Le Docteur *Black* & les fauteurs de ſa doctrine, diſent que

la pierre calcaire n'eſt autre choſe que de la chaux ſaturée d'air fixé ; que la calcination, en lui enlevant ce principe, lui fait perdre la propriété de faire effervefcence avec les acides, & lui donne celle de ſe diſſoudre en totalité dans l'eau; qualités que la chaux communique à ſon tour aux ſels alkalis, qu'on traite avec elle ; qu'enfin, en rendant à ces ſubſtances l'air fixé qu'elles ont perdu, elles retournent à leur premier état, ſoit qu'elles reprennent ce principe qui leur manque, des différens corps qui le perdent dans leur analyſe, ſoit qu'elles le tirent de l'eau ou même de l'athmoſphère ; d'où il ſuit, ſelon eux, que l'air fixé eſt le principe de la ſolidité des corps & la cauſe de l'effervefcence qui ſe produit dans la plupart des combinaiſons ſalines.

Parmi les Expériences qui établiſſent ce ſyſtême, il y en a un aſſez grand nombre d'exactes pour juſtifier l'Auteur; mais il y en a trop de douteuſes, pour que ſa doctrine puiſſe eſpérer de réunir tous les ſuffrages.

La première à laquelle je m'arrête, c'eſt à la manière de démontrer la quantité d'air fixé que contient la pierre calcaire. Cette ſubſtance perd, par la calcination, la moitié de ſon poids : M. *Margraff*, qui a opéré cette calcination dans les vaiſſeaux fermés, a vu que cette matière qui ſe perd, étoit incoërcible, & M. *Jacquin*, qui a répété l'Expérience, aſſure que c'eſt de l'air fixé qui ſort du ballon avec ſifflement, & il en évalue la quantité aux $\frac{15}{16}$ ou à-peu-près de la matière évaporée : cependant, comme il n'a pas raſſemblé cette vapeur, ce qu'il avance, à cet égard, n'eſt qu'une pure conjecture. Il penſe que le produit qui s'eſt échappé, ne contenoit que $\frac{1}{16}$ d'eau; cependant il n'eſt pas impoſſible qu'il en contînt beaucoup davantage, car il n'eſt pas aiſé de diſtinguer l'eau d'avec l'air, lorſqu'elle eſt réduite en vapeurs & dans un état de raréfaction extrême, & il eſt preſque auſſi difficile de retenir l'un de ces corps que l'autre.

La ſeconde Expérience que rapporte M. *Jacquin*, pour

prouver que la pierre calcaire ne contient que $\frac{1}{16}$ d'eau de plus qu'il n'en a reçu dans son ballon en la calcinant, me paroît au moins aussi défectueuse que la première. Ce Chymiste n'ayant point donné assez de feu pour calciner la pierre calcaire, a cependant trouvé la même quantité de produits humides qu'avoit fourni la pierre calcaire bien calcinée. Il me paroît très-possible que cette humidité soit surabondante à la composition de la pierre calcaire, qui peut en être privée sans souffrir aucune décomposition, comme cela arrive à un grand nombre de sels, qui, quoique fort difficiles à décomposer, se laissent néanmoins enlever très-facilement l'eau de leur crystallisation. Je ne vois, dans cette Expérience, rien qui prouve incontestablement que la partie qui restoit dans la pierre calcaire & qui auroit dû se dissiper, par la calcination, en vapeurs incoërcibles, fût de l'air fixé pur ou presque pur; j'ai même tout lieu de présumer le contraire.

Desirant calciner la pierre calcaire dans les vaisseaux fermés, & mesurer avec exactitude l'air qui en sortiroit, j'ai pris une once & demie d'un spath blanc très-pur, de ceux qui se dissolvent en totalité dans les acides avec effervescence, je l'ai mis dans une cornue de grès que j'ai placée dans un fourneau au feu de reverbère; j'ai ajusté au col de ma cornue un tuyau de verre qui plongeoit dans l'appareil de hales, corrigé par feu M. *Rouelle*. J'ai eu soin d'élever entre le fourneau & le récipient, un petit mur de briques que j'arrosois fréquemment avec de l'eau bien froide, pour empêcher que mon appareil ne vînt à s'échauffer & pour hâter la condensation de l'air fixé. J'ai poussé le feu par degrés; &, au bout de huit heures, je commençai à voir l'eau baisser sous la cloche & l'air se dégager; j'espérois pouvoir le mesurer, mais mes espérances furent trompées, l'eau baissa si rapidement, que je ne pus jamais parvenir à la faire remonter. Malgré cette apparente abondance d'air fixé, je ne fus pas plus persuadé que la pierre calcaire fournit une quantité d'air telle que celle qu'on imagine; en voici la raison. Lorsque l'eau, qui étoit sous ma cloche,

baiſſa avec tant de rapidité, les parois de cette cloche étoient chaudes à tel point, qu'on ne pouvoit y porter la main, ce qui ſuffit pour que l'air très-raréfié rempliſſe un eſpace fort conſidérable.

Cette chaleur, en décompoſant le lut gras dont je m'étois ſervi pour fermer les jointures de mes vaiſſeaux, en faiſoit ſortir une grande quantité d'air fixé, qui joignoit à l'odeur gazeuſe qui lui eſt particulière, celle de l'huile de lin qui fait la baſe du lut; je vis même des ſtries de cette huile décompoſée, couler le long du col de mon récipient: j'avois cependant pris ſoin, pour prévenir ces accidens, de couvrir mes luts d'une couche épaiſſe de terre à four & de les renfermer dans l'épaiſſeur du petit mur de briques que j'arroſois d'eau froide à toute minute; mais mes précautions furent inutiles. Cette Expérience, quoique moins heureuſe que je ne l'avois eſpéré, prouve néanmoins que la matière, qui s'élève de la pierre calcaire pendant ſa calcination, pouvoit bien contenir de l'eau réduite en vapeurs très-expanſibles, dont la quantité feroit beaucoup plus que $\frac{1}{16}$ de la maſſe évaporée, & que les luts employés par MM. *Margraff* & *Jacquin*, de quelque nature qu'ils fuſſent, pourroient bien avoir fourni la plus grande partie de l'air qu'ils entendoient ſortir avec ſifflement par la tubulure de leur ballon.

MM. *Macbride* & *Jacquin* prétendent prouver que la pierre calcaire ne perd que de l'air fixé dans ſa calcination, parce que, diſent-ils, il ſuffit de reſtituer à la chaux vive l'air fixé qu'elle a perdu, pour la remettre dans l'état où elle étoit avant ſa calcination: à cet effet, ils font paſſer dans de l'eau de chaux l'air dégagé de quelque corps, l'eau de chaux ſe trouble & il ſe fait un précipité, qui n'eſt que de la craie. Cette Expérience, qui a paru très-concluante à ces Meſſieurs, me ſemble fort défectueuſe: pour qu'elle prouvât en leur faveur, il faudroit qu'ils n'euſſent point employé d'eau, mais ſeulement de la chaux vive & de l'air fixé; car la ſeconde diſtillation de M. *Jacquin* tend à prouver que l'eau n'eſt pas abſolument néceſſaire

à l'existence de la pierre calcaire, puisqu'elle peut en être privée sans se réduire en chaux: or c'est précisément ce troisième corps, l'eau que ces Messieurs ont regardé comme indifférente, qui joue le plus grand rôle dans leur procédé, comme je m'en suis assuré par l'Expérience suivante.

J'ai pris deux onces de chaux bien vive, &, après les avoir réduites en poudre, je les ai placé dans l'appareil de M. *Macbride*, que j'ai eu l'honneur de présenter à l'Académie, lors de la lecture de mon dernier Mémoire. Après avoir fait le vide dans mon appareil, je l'ai rempli d'air fixé dégagé d'un mélange d'acide vitriolique & de sel alkali de tartre. J'ai laissé ma chaux plongée dans cet air pendant trois jours, & j'ai renouvellé trois fois l'air fixé; au bout de ce tems, j'ai retiré ma chaux qui n'étoit point augmentée de poids; au moins de six Expériences que j'ai répétée de cette sorte, je n'ai trouvé de l'erreur qu'une seule fois, qui étoit la troisième; la chaux, après l'Expérience, s'est trouvé peser un demi-gros de plus; mais j'ai tout lieu de présumer qu'elle n'avoit pas été d'abord pesée avec assez de soin. J'ai examiné les propriétés de cette chaux, qui avoit été ainsi surchargée d'air fixé comparativement à de semblable chaux qui n'avoit point été soumise aux mêmes épreuves; je n'ai trouvé aucune différence dans la manière dont ces deux chaux se sont comportées avec l'eau & les sels acides; toutes deux ont également décomposé le sel ammoniac sans le secours du feu, & j'ai tiré, en distillant séparément chacun des mélanges, une quantité égale d'alkali volatil, qui ne faisoit point du tout d'effervescence avec les acides: d'où je conclus qu'il ne suffit pas de rendre à la chaux de l'air fixé pour la convertir en craie, qu'il faut un intermède pour que cette union se fasse, & que cet intermède est l'eau. J'ajouterai encore que l'eau, aidée même du secours de l'air athmosphérique, ne suffit pas pour opérer ce changement, qu'il faut encore y joindre l'air fixé, dégagé de quelque corps dans l'instant de sa décomposition, & que M. *Black* se trompe lorsqu'il assure que la crême saline de la chaux ne perd sa dissolubilité & ne devient concrète,

que

que parce qu'elle reprend l'air fixé, qui étoit contenu dans l'eau, ou même celui qui étoit répandu dans l'athmoſphère.

J'ai pris de la crême ſaline, enlevée avec précaution, de deſſus l'eau de chaux, & que j'avois gardé pendant ſix années, dans un bocal découvert. Cette crême de chaux faiſoit une vive efferveſcence avec les acides, & ce n'eſt qu'en ce point qu'elle m'a paru différer de la chaux vive; j'en ai mêlé trois parties avec une partie de ſel ammoniac, il s'eſt dégagé, pendant le mêlange, un eſprit alkali volatil très-pénétrant, &, par la diſtillation, j'ai obtenu de l'alkali volatil fluide, qui ne faiſoit aucune efferveſcence avec les acides.

J'ai pris trois parties de chaux éteinte à l'air, & que je conſervois depuis ſix années dans un vaiſſeaux découvert & dans un lieu bas fort humide, je les ai mêlées avec une partie de ſel ammoniac; il s'eſt dégagé, dans l'inſtant du mêlange, beaucoup d'alcali volatil fort pénétrant, & je n'ai obtenu, par la diſtillation, que de l'eſprit alkali volatil, qui ne faiſoit pas la plus légère efferveſcence avec les acides. La chaux lavée, employée de la même manière, m'a donné les mêmes réſultats. Je conclus de ces faits, 1.° que la crême ſaline, la chaux éteinte, & la chaux lavée employée, quoique ſaturées d'eau, & ayant eu le tems de reprendre de cette eau & de l'athmoſphère tout l'air fixé qu'elles pouvoient y trouver, étoient encore fort éloignées de l'état de craie & avoient beaucoup plus des propriétés de la chaux vive; 2.° que les propriétés attribuées à l'air fixé ne ſont pas conſtantes, & que même elles ſont indépendantes les unes des autres, puiſque la crême ſaline de la chaux, la chaux éteinte & la chaux lavée qui ont perdu leur diſſolubilité & qui font efferveſcence avec les acides, ont néanmoins la propriété de décompoſer le ſel ammoniac, de la même manière que le fait la chaux vive; 3.° que ſi ces ſubſtances reprennent de l'air fixé, ſoit de l'eau, ſoit de l'athmoſphère, cela n'a lieu qu'après un tems bien long & rentre dans l'ordre de ces altérations que la Nature produit d'une

manière lente & que nous ne pouvons pas ſuivre; 4.° Enfin que ce n'eſt qu'à la faveur de l'eau, que l'air fixé ſe combine à la chaux pour la convertir en terre calcaire; en ſorte que, loin de penſer, avec le Docteur *Black* & les partiſans de ſa doctrine, que cette terre n'eſt que de la chaux rendue douce par l'air fixé, je ſerois tenté de préſumer que c'eſt une combinaiſon de terre, d'eau & d'air fixé dans une proportion qui ne nous eſt pas connue. Je ſais que quelques Chymiſtes y admettent du phlogiſtique, pluſieurs même atteſtent qu'elle en contient aſſez pour réduire les chaux métalliques. Voici une Expérience, qui n'eſt pas favorable au ſentiment de ces derniers. J'ai pris une once d'un ſpath blanc diſſoluble en entier dans les acides avec efferveſcence, je l'ai miſe dans une cornue de grès que j'ai placée dans un fourneau de reverbère, j'ai ajuſté au col de la cornue un ballon, que j'avois mouillé en-dedans pour y faire tenir une légère couche de *Minium*; j'ai pouſſé le feu par degrés juſqu'à ce qu'il ſe dégageât de l'air fixé: à peine cet air commençoit à ſortir, que le *minium* devint jaune & paſſa à l'état de maſſicot. Ayant alors eſſayé d'aſpirer l'air qui ſe dégageoit, je fus frappé d'une odeur forte d'huile de lin, & je m'apperçus que le lut gras dont je m'étois ſervi pour joindre mon ballon à la cornue, ſe décompoſoit par la chaleur, & fourniſſoit une grande quantité d'air fixé & de matière graſſe à laquelle pouvoit être attribué le commencement de réduction que j'avois apperçu par l'altération de la couleur du *minium*.

Je recommençai mon opération, en ne me ſervant pour lut que de terre à four détrempée avec de l'eau; je parvins à calciner la pierre calcaire ſans que le *minium* éprouvât aucune altération dans ſa couleur; ce qui me fait croire que la réduction des chaux métalliques attribuée à la pierre calcaire, peut dépendre de quelques circonſtances auxquelles on ne fait pas une aſſez ſérieuſe attention dans l'opération. J'ajouterai ici une réflection au ſujet de la décompoſition du ſel ammoniac par la chaux. M. *Duhamel*, dans l'excellent Mémoire

inséré parmi ceux de l'Académie pour l'année 1735, paroît disposé à croire que la chaux agit sur l'alkali volatil en lui enlevant une matière grasse : son opinion est établie sur des faits sans nombre & bien avérés. M. *Baumé*, en répondant à un problème inséré dans le Journal de Médecine du mois d'Octobre 1762, par lequel on proposoit de tirer du sel alkali volatil concret en décomposant le sel ammoniac par la chaux, a indiqué un procédé qui revient à ceux qu'avoit employés M. *Duhamel*; il consiste à charger la chaux d'une suffisante quantité de matière grasse, en la calcinant avec le sang de bœuf, à-peu-près comme on prépare l'alkali phlogistiqué, dont on se sert pour précipiter le fer dans l'état de bleu de Prusse. J'ai observé aussi plusieurs fois, que les matières grasses donnoient au produit du sel ammoniac distillé avec la chaux, la propriété de faire effervescence avec les acides, & quelquefois même en mettoient une partie dans l'état de sel concret. Il suffit, pour que ces phénomènes arrivent, qu'un degré de chaleur un peu fort décompose les luts ou qu'on ait employé du sel ammoniac trop chargé de fuliginosités & de matières grasses : c'est pourquoi, lorsqu'on veut réussir à avoir un alkali bien caustique & bien pur, il faut n'employer que du sel ammoniac purifié par la crystallisation, faire en sorte que rien ne passe des luts dans le ballon, & même, pour plus de sûreté, ne lutter qu'avec plusieurs bandes de papier enduit de colle.

Quoique les matières grasses dénaturent le produit qu'on a coutume de retirer en décomposant le sel ammoniac par la chaux, il ne me paroît pas entièrement prouvé que ce soit en qualité de corps gras, mais plutôt parce que ces matières produisent de l'air fixé qui se recombine avec l'alkali volatil. J'ai pris du savon blanc fait avec soin, & un savon que j'avois préparé avec l'alkali volatil caustique, je les ai dissous séparément dans une quantité suffisante d'eau distillée, je les ai décomposés par tous les acides, sans qu'il se soit produit la moindre effervescence : j'ai distillé séparément ces mêmes savons,

& j'en ai retiré des esprits alkalis volatils très-effervescens & point du tout caustiques. Le charbon du savon blanc ordinaire contenoit une grande quantité d'alkali fixe, qui faisoit effervescence avec les acides: l'huile se trouvoit-elle en trop grande quantité dans les savons pour empêcher la jonction immédiate de l'acide & de l'alkali, & conséquemment l'effervescence, tandis qu'elle s'est trouvée dans les produits distillés en assez juste proportion, pour les mettre dans l'etat où on trouve ordinairement les sels alkalis, ou bien l'air fixé dégagé de l'huile dans la distillation du savon ? a-t-il rendu aux alkalis la propriété de faire effervescence ? c'est ce que je n'oserois décider.

Comme, dans le systême du Docteur *Black*, on attribue à la privation de l'air fixé, les altérations qu'éprouve l'alkali volatil dans la décomposition du sel ammoniac par la chaux, je voulus voir si les matières métalliques dont on ne tire point d'air fixé proprement dit, mais une espèce de gas inflammable, qui ne produit aucun changement sur l'alkali volatil caustique, ainsi que je l'ai fait remarquer dans mon dernier Mémoire, sépareroient l'alkali volatil du sel ammoniac sans le dénaturer; je répétai, avec la plus scrupuleuse attention, les procédés par lesquels on fait les substances connues sous les noms d'*ens martis* & d'*ens veneris*, en employant chacune des substances métalliques à la même dose à laquelle on a coutume d'employer la chaux: j'ai donc pris trois parties de limaille d'acier & une partie de sel ammoniac en crystaux bien purs & bien secs; j'ai mêlé exactement ces deux substances, il s'est produit un peu de chaleur dans l'instant du mélange; mais il ne s'est point dégagé d'alkali volatil; j'ai distillé dans une cornue de verre bien nette à laquelle j'avois adapté un récipient de verre également bien net lutté d'un simple papier enduit de colle: j'ai retiré un alkali volatil fluide, mais qui faisoit avec les acides une très-vive effervescence. Pendant le progrès de la distillation, il s'est dégagé une telle quantité de vapeurs élastiques, que mon récipient s'est brisé avec

éclat : j'ai recommencé la même opération en conduiſant le feu bien lentement, & ayant ſoin de donner à tout moment iſſue à ces vapeurs, qui auroient infailliblement fait éclater mon ballon ; car j'ai vu peu de diſtillation où il s'en produisît autant & d'auſſi expanſibles. J'ai obtenu, cette ſeconde fois, une très-grande quantité d'alkali volatil d'une couleur ambrée, d'une odeur très fétide, & qui faiſoit une efferveſcence très vive avec tous les acides ; il ne s'eſt preſque point ſublimé de ſel ammoniac au col de la cornue, parce que j'avois conduit le feu avec beaucoup de ménagement.

J'ai pris, pour faire l'*ens veneris*, trois parties de la matière qui reſte dans la cornue, après la diſtillation des cryſtaux de *Verdet* & qu'on ſait être un cuivre très diviſé, mais qui n'eſt pas dans l'état de chaux ; je les ai mêlées avec une partie de ſel ammoniac : ce mêlange a été accompagné d'une chaleur beaucoup plus forte que celle qui ſe produit dans le mêlange du ſel ammoniac avec le fer ; mais il ne s'eſt dégagé aucune vapeur d'alkali volatil. J'attribue l'augmentation de chaleur à l'état de diviſion extrême dans lequel étoit le cuivre que j'ai employé, ce qui donne de la priſe au ſel ſur le métal : j'ai diſtillé avec les précautions que j'avois priſes dans l'opération précédente, j'ai obtenu un alkali volatil fluide teint en bleu par une portion de cuivre ; cet alkali faiſoit efferveſcence avec tous les acides.

Je ne crois pas, que dans ces Expériences, on puiſſe dire que les matières métalliques aient enlevé à l'alkali volatil ſon air fixé, & lui aient fait perdre, par ce moyen, ſon état de concrétion, puiſque l'efferveſcence que cet alkali produit avec les acides, prouve qu'il a retenu ce principe, qui, dans le ſyſtême du Docteur *Black*, eſt auſſi-bien la cauſe du mouvement d'efferveſcence que de la ſolidité. Si on objecte que l'alkali volatil n'a perdu qu'une partie de cet air, je répondrai que cette partie perdue s'eſt diſſipée ou qu'elle s'eſt reportée ſur le réſidu : or l'air fixé n'eſt pas plus diſpoſé à ſe perdre dans cette diſtillation que dans celle du ſel ammoniac avec la craie, &

les matières métalliques ne se combinent point dans leur état naturel avec l'air fixé qui se dégage des substances salines ; il faut nécessairement, pour s'unir à ce principe, qui leur est étranger, qu'elles changent de forme & deviennent chaux. Le Docteur *Black* a déjà prétendu que l'augmentation de poids des chaux métalliques précipités des acides par les sels alkalis, n'étoit dûe qu'à l'air fixé de ces alkalis qu'elles auroient absorbé. C'est à de semblable air fixé qu'il attribue la propriété de l'or fulminant : s'il est vrai que les chaux métalliques soient surchargées d'un air fixé semblable à celui qui se dégage des substances salines, elles doivent agir sur le sel ammoniac bien différemment des chaux pierreuses & des substances métalliques, & d'une manière tout-à-fait analogue à celle des pierres calcaires : or l'Expérience m'a montré le contraire, les chaux métalliques agissent d'une façon qui leur est propre, & qui tient de l'action des chaux pierreuses & de l'action des substances métalliques.

J'ai précipité une dissolution nitreuse mercurielle par le moyen du sel alkali de tartre ; j'ai fait bouillir le précipité dans une grande quantité d'eau distillée, &, après l'avoir bien fait sécher, j'en ai mêlé trois parties avec une partie de sel ammoniac en crystaux bien purs & bien secs : il s'est dégagé à l'instant du mêlange, une quantité considérable de vapeurs d'alkali volatil ; j'ai distillé le mêlange dans des vaisseaux de verre bien nets & luttés d'un simple papier enduit de colle, j'ai obtenu une bonne quantité d'alkali volatil fluide & faisant effervescence avec tous les acides. Je m'attends bien que ceux des Chymistes, qui pensent que les précipités participent aux propriétés des substances, qui ont opéré leur précipitation, ne manqueront pas de me dire que le mercure, dans cette opération, n'a pas agi d'une manière différente des substances métalliques, que les vapeurs d'alkali volatil qui ont été dégagées dans le tems du mêlange, annoncent que le précipité contenoit un reste d'alkali fixe dont la décoction ne l'avoit pas entièrement privé.

Pour répondre à cette difficulté, je pris du *minium*, qui eſt une chaux faite par la ſeule action du feu; j'en mêlai trois parties avec une partie de ſel ammoniac en cryſtaux bien purs & bien ſecs, dans l'inſtant du mêlange, il s'eſt exhalé une grande quantité de vapeurs d'alkali volatil très-pénétrant; j'ai diſtillé avec les précautions indiquées plus haut, j'ai obtenu pareillement de l'alkali volatil fluide & qui faiſoit efferveſcence avec tous les acides.

Enfin je me ſuis ſervi d'une chaux métallique calcinée par le nitre, j'ai pris trois parties d'antimoine diaphorétique bien lavé & bien blanc, je les ai mêlées avec une partie de ſel ammoniac; il s'eſt dégagé beaucoup d'alkali volatil dans l'inſtant du mêlange, &, par la diſtillation, j'ai obtenu de l'alkali volatil fluide qui faiſoit efferveſcence avec tous les acides.

Ces Expériences me ſemblent établir que les chaux métalliques, loin de contenir plus d'air fixé que les métaux, paroiſſoient en contenir moins, s'il eſt poſſible de le dire, puiſqu'elles agiſſent, à certains égards, à la manière des chaux pierreuſes.

Au reſte, je conclus, d'après ces faits que j'ai vérifiés pluſieurs fois, qu'on ne ſauroit aſſez prendre garde aux circonſtances des opérations, que l'empreſſement de donner des choſes neuves empêche de voir ce qui ſe paſſe, qu'on ne choiſit que ce qui s'accorde avec le ſyſtême qu'on s'eſt formé, qu'en particulier un grand nombre de faits que le Docteur *Black* a avancés ſur l'air fixé, ne ſont rien moins que prouvés.

Si on me reproche que, dans ce Mémoire, je ne fais que détruire au-lieu d'édifier, je trouverai ma défenſe dans le goût de l'Académie, qui n'admet de découvertes que celles qui ſont bien avérées, de phénomènes, que ceux dont toutes les circonſtances ont été ſoigneuſement examinées, & qui préfère la vérité des faits aux hypothèſes les plus brillantes.

ANALYSE DE LA ZÉOLITE.

Par M. BUCQUET.

Quoique souvent les soins que se donnent les Naturalistes, pour découvrir les richesses que la terre renferme dans son sein, n'aient d'autre but que de satisfaire la curiosité; ce n'est pas cependant le seul fruit qu'ils tirent de leurs recherches. Elles ont un avantage plus précieux, celui de fournir aux hommes la plupart des biens dont ils jouissent; on pourroit peut-être même se flatter, que de toutes les substances que découvre l'Histoire Naturelle, il ne s'en trouveroit pas une qui ne pût être employée utilement, si les Chymistes eussent travaillé à nous faire connoître, par des analyses exactes, la nature & les propriétés de tous les corps: mais, sans oser prétendre à de si grands avantages, il paroît au moins certain, que si l'Histoire Naturelle offre aux Chymistes beaucoup de sujets de recherche, la Chymie peut, à son tour, jeter un grand jour sur l'Histoire Naturelle & sur-tout sur celle des substances minérales.

C'est un fait connu de tous les Savans, que quelques légères différences dans les formes, ont souvent engagé les Méthodistes à séparer des objets de même nature, & à rapprocher dans une même classe, des individus qui n'ont entr'eux qu'une ressemblance extérieure, quelquefois même assez peu marquée.

Dans le dessein de concourir, autant qu'il est en mon pouvoir, à éclaircir l'histoire du règne minéral, au moins celle qui s'apprend

s'apprend dans les cabinets, & que je ne confonds pas avec les connoissances qu'on acquiert en étudiant la Nature dans les lieux mêmes où elle travaille, je me suis proposé d'examiner avec soin les substances minérales dont les propriétés ne nous sont point connues, ou du moins ne le sont que fort peu. Si mon travail peut être de quelque utilité, j'en serai redevable au zèle d'un Savant illustre, M. le Duc *de la Rochefoucauld*, qui s'applique avec une ardeur égale à l'étude de l'Histoire Naturelle & à celle de la Chymie, & qui a bien voulu me secourir en m'aidant dans mes recherches, & en sacrifiant à des Expériences chymiques, les échantillons les plus beaux & les mieux caractérisés de son Cabinet.

Je commencerai par rendre compte de l'examen chymique de la Zéolite. Si les faits que je présente sont peu abondans, & s'ils ne sont pas parfaitement liés avec les théories générales de la Chymie, j'espère que l'Académie voudra bien m'excuser, elle sait trop combien la marche est lente dans des recherches de cette nature, sur-tout lorsqu'on veut qu'elle soit assurée, & qu'on ne s'empresse pas de conclure sur des apparences légères & souvent trompeuses; elle sait également combien les théories chymiques ont de peine à cadrer avec les faits nouveaux.

M. *Croustedt* est le premier, qui nous ait fait connoître la Zéolite, dans les Actes de l'Académie de Suède, pour l'année 1756. Il la compare au spath pour la dureté, parce qu'elle ne donne pas d'étincelles lorsqu'on la frappe avec l'acier. Il observe néanmoins que cette substance ne fait pas effervescence avec les acides, comme les spaths calcaires, & qu'elle se durcit avec les acides lorsqu'ils sont trop concentrés. Selon M. *Croustedt*, la Zéolite chauffée à la lampe d'émailleur, bouillone comme le borax, ses parties se séparent, elle paroît blanche & comme spongieuse, elle donne une lumière phosphorique, enfin elle se fond en un verre qui est d'abord blanc & qui, à un plus grand coup de feu, devient transparent,

M. *Croustedt* a examiné deux espèces de Zéolites, une parfaitement blanche, venant d'Islande, qui est plus difficile à fondre, quoiqu'elle se vitrifie parfaitement avec le sel de soude & le sel fusible d'urine; l'autre, tirant sur le jaune, venant de Laponie. Cette dernière a paru à notre Auteur tenir un peu de cuivre : elle se fondoit sans addition en la soufflant sur un charbon avec un chalumeau. M. *Croustedt* ne distingue la Zéolite du spath, que parce qu'elle se fond & se vitrifie avec le sel de soude. Mais M. le Baron d'*Holbach* observe très-judicieusement que ce caractère ne distingue pas suffisamment les deux substances, puisque l'expérience fait voir que tous les spaths calcaires se fondent & se vitrifient avec toutes les substances salines employées par M. *Croustedt*. Il présume que la Zéolite pourroit bien n'être qu'un mélange de spath fusible & d'un peu d'alun : il attribue à la première de ces deux substances, la fusibilité & la propriété phosphorique, & à la seconde, le boursouflement qu'éprouve la Zéolite, lorsqu'on essaie de la fondre.

Les Expériences que je vais rapporter, me font croire que la Zéolite est une substance d'une nature toute particuliere, & qui ne peut être assimilée à aucune substance connue, pas même à l'argille avec laquelle plusieurs Minéralogistes ont voulu la ranger, ni au spath, au nombre desquels M. le Chevalier *Vou-linné* l'a mise sous le nom de *Stalactites spathosus rufescens*, donnant comme caractère particulier à cette substance la propriété qu'elle a de faire une gelée lorsqu'on la dissout dans les acides; caractère qui se retrouve dans le lapis-lazuli, que le même Auteur regarde comme une sorte de Zéolite.

M. *Croustedt*, dans sa nouvelle Minéralogie, ne compte que trois espèces de ce genre; savoir, la Zéolite blanche, la Zéolite verte & la Zéolite rouge.

L'espèce sur laquelle j'ai opéré, est parfaitement blanche, elle est crystallisée en longs filets soyeux, qui se réunissent en un

centre commun : elle vient de l'Isle de Feroë, & se trouve souvent mêlée d'un peu de terre ochracée rougeâtre ; on en rencontre aussi sur la Chalcédoine.

1.° J'ai placé un morceau de Zéolite pesant une once, dans un creuset d'Allemagne fermé de son couvercle & lutté avec la terre à four ; j'ai mis le creuset entre les charbons, dans un fourneau d'un pied de large sur un pied de hauteur ; j'ai porté le feu au plus haut degré de violence, à l'aide d'un fort soufflet de quatre pieds de long sur deux pieds & demi de large ; je l'ai entretenu pendant une heure & demie : au bout de ce tems, j'ai laissé tomber le feu, & ayant retiré le creuset, je l'ai trouvé bien entier, mais soudé avec son couvercle & son support : la Zéolite étoit fondue en un verre peu compact, laiteux dans sa plus grande partie & transparant dans quelques endroits. Le verre, quoique spongieux, a fait feu lorsqu'on l'a frappé avec l'acier, & je n'ai pu y découvrir aucune qualité phosphorique.

2.° J'ai pris une demi-once de Zéolite, que j'ai mise dans un creuset d'Allemagne ; j'ai placé le creuset sous une moufle que j'avois établie au milieu d'un fourneau à vent semblable à celui dont s'est servi M. *Pott*, pour ses Expériences de Lithogéognosie, avec les additions & corrections indiquées par M. *Macquer*. Le feu a été poussé par degrés & soutenu dans sa plus grande violence pendant près de trois heures ; au bout de ce tems, je l'ai laissé tomber : tout étant refroidi, j'ai trouvé la moufle affaissée & fondue en plusieurs endroits, principalement dans son adhérence avec les briques qui lui servoient de support. La terre que j'avois employée pour fixer les briques au fourneau & à la moufle, étoit parfaitement fondue ; le creuset n'avoit souffert aucune altération, mais la Zéolite se trouva fondue en un verre blanc opaque & fort dur : ce verre étoit couvert en quelques endroits d'un enduit de verre noir, dont j'attribue la formation à la terre ochracée, qui recouvroit la Zéolite en quelques parties. Le verre de Zéolite a donné des

étincelles avec l'acier, mais il n'eſt nullement phoſphorique: quelque violent que ſoit le feu qu'on donne à l'aide du fourneau de M. *Macquer*, il ne m'a pas paru excéder celui du fourneau à ſoufflet dont je me ſuis ſervi pour ma première Expérience. J'eſpère avoir inceſſamment l'honneur de préſenter à l'Académie pluſieurs ſubſtances qui ont été parfaitement fondues dans mon fourneau à ſoufflet, & qui n'ont point été altérées dans celui de M. *Macquer*. A l'égard de la Zéolite, elle a éprouvé à-peu-près la même altération dans l'un & dans l'autre.

M. d'*Arcet*, en publiant, dans le Journal de Médecine du mois de Janvier 1773, le réſultat de ſes nouvelles tentatives ſur le diamant, rapporte avoir fondu la Zéolite en un verre d'émail. Cette Expérience, qui s'accorde parfaitement avec celles que j'ai rapportées plus haut, démontre que cette ſubſtance eſt fort différente des pierres quartzeuſes & autres, que les Naturaliſtes nomment vitrifiables, puiſque M. d'*Arcet* a fait voir que ces pierres étoient les ſeules qui ne pouvoient ſe fondre ſans addition.

La Zéolite, ſoit en maſſe, ſoit réduite en poudre, ne fait point d'effervescence avec les acides: ainſi, il eſt aiſé de ſoupçonner qu'elle n'eſt point de nature calcaire, cependant dans l'intention de m'en aſſurer davantage.

3.° J'ai pris une once de Zéolite groſſièrement concaſſée; je l'ai introduite dans une cornue de verre, que j'ai placée dans un fourneau de reverbère; j'ai ajuſté un récipient, que j'ai lutté avec du papier enduit de colle; j'ai chauffé par degrés: au bout d'une demi-heure, j'ai apperçu les vaiſſeaux légèrement obſcurcis par des vapeurs aqueuſes; à ces vapeurs ont ſuccédé des gouttes qui ſe ſuivoient à-peu près de minute en minute; lorſqu'elles ont ceſſé, j'ai élevé le feu juſqu'à bien rougir la cornue qui s'eſt ſenſiblement déformée, mais ſans ſe fondre. L'opération a duré quatre heures, & le feu a été très-fort pendant près de deux heures: il ne s'eſt pas dégagé d'air

ni de vapeurs élastiques sensibles; le produit que j'ai retiré du ballon étoit limpide, il avoit une saveur très-légèrement stiptique, qui s'est perdue en le laissant exposé à l'air, & une odeur sensiblement empyreumatique, que je crois devoir attribuer au lut dont je m'étois servi: le produit pesoit un gros & demi & quelques grains; il n'altéroit pas la couleur du papier bleu ni celle du syrop de violette; les acides & les alkalis n'y ont produit aucun changement, &, étant exposé à l'air, il s'est évaporé sans laisser de résidu: la matière, qui étoit restée dans la cornue, avoit conservé toute sa forme, elle avoit seulement perdu de son brillant & étoit si friable, que les morceaux se réduisoient facilement en poudre en les frottant entre les doigts. Cette matière pesoit six gros & demi & quelques grains: or ce poids ajouté à celui du produit, prouve qu'il ne s'étoit rien ou presque rien perdu pendant l'opération, que la Zéolite contient un peu plus des $\frac{3}{16}$ de son poids d'eau, qu'elle perd par une chaleur assez douce, & que cette eau contribue à lui donner la solidité & le brillant cryſtallin.

La Zéolite qui a été privée d'eau par la distillation, étant exposé à l'air, n'y éprouve aucun changement; elle n'est donc pas dans l'état de chaux. Comme on paroît objecter que le degré de feu que j'ai employé n'est pas assez fort pour décomposer cette matière, & qu'il ne fait que lui enlever son eau surabondante, comme cela arrive à la pierre à chaux, qui n'a pas été suffisamment calcinée: je répondrai, 1.° qu'aucune pierre calcaire ne donne autant d'eau par la distillation; 2.° qu'aucune n'acquiert la friabilité que j'ai trouvé dans la Zéolite; 3.° qu'ayant exposé la Zéolite à un feu plus fort dans un creuset sous la moufle d'un fourneau de coupelle, pendant deux heures, cette substance n'a pas plus pris les caractères de la chaux, qu'elle s'est seulement agglutinée & un peu durcie: dans cet état, elle n'est nullement phosphorique; elle ne s'échauffe point avec l'eau, ne produit pas d'effervescence avec les acides, & lorsqu'on la triture avec le sel ammoniac, elle ne

dégage point d'alkali volatil. Cela suffit, je pense, pour prouver que la Zéolite n'est point une substance calcaire.

La Zéolite est-elle une matière argilleuse? Plusieurs Minéralogistes l'ont pensé, je l'ai cru moi-même, d'après la ressemblance de son tissu avec celui de l'asbeste & de l'amiante, qu'on regarde comme des pierres argilleuses; mais je crois cette opinion mal-fondée; 1.° les verres qu'on obtient en fondant la Zéolite ne sont pas colorés comme ceux qu'on fait avec l'asbeste & l'amiante; 2.° les pierres argilleuses se durcissent en séchant, & les morceaux de terre-glaise desséchés ne peuvent être mis en poudre que difficilement; la Zéolite est, au contraire, fort disposée à se boursoufler; 3.° l'argille acquiert un très-grand degré de dureté, la Zéolite devient très-friable; 4.° enfin les argilles ont un plus ou moins grand degré de liant; la Zéolite, soit en substance, soit après avoir été desséchée, n'en a aucun.

Au reste, si ces faits ne paroissent pas concluans, je vais ajouter quelques Expériences, qui acheveront d'éclaircir la question.

4.° J'ai mis une demi-once de Zéolite en poudre très-fine; dans douze onces d'eau distillée, que j'ai fait bouillir pendant environ un quart d'heure: ayant filtré la décoction, j'ai fait sécher la matière qui étoit restée sur le filtre, elle s'est trouvée absolument de même poids qu'avant d'avoir été mise dans l'eau; j'ai fait évaporer la liqueur filtrée dans un vaisseau bien net à une chaleur très-douce & comparativement à une égale quantité d'eau distillée, elle n'a laissé aucun résidu.

La décoction de Zéolite n'altère pas la couleur du syrop de violettes & n'est pas altérée par les alkalis.

On peut conclure de-là, que la Zéolite n'est point un sel; & que même elle ne contient rien de salin, fort différente en cela des argilles que M. *Baumé* a dit être des sels dissolubles dans l'eau, différente aussi des spaths séléniteux & des spaths

fusibles, les premiers dissolubles dans l'eau, comme l'a fait voir M. *Margraff*, & formés par l'union de l'acide vitriolique à la terre calcaire; les seconds étant, au rapport de M. *Boulanger*, dans l'Analyse des spaths fluors qu'il vient de publier, des sels à base terreuse, dans la composition desquels entre un acide particulier, qu'il nomme *acide spathique*, & qui paroît avoir des propriétés communes avec l'acide marin.

A l'égard de l'alun, que M. le Baron d'*Holbach* présume se trouver dans la Zéolite, je n'ai rien vu qui puisse appuyer cette conjecture; je crois pouvoir assurer que la Zéolite n'est ni une terre vitrifiable, ni une terre calcaire; ni une terre argilleuse, ni une matière saline.

Il restoit à examiner si cette substance n'étoit pas une terre métallique dans l'état de spath, & telle à-peu-près, que se trouvent le plomb dans la mine de plomb blanche, & le fer dans les mines de fer blanche.

5.° Pour m'en assurer, j'ai pris une once de Zéolite, &, après l'avoir mêlé exactement avec le double de son poids de flux noir, j'ai mis le tout dans un creuset d'Allemagne fermé de son couvercle & lutté avec la terre à four: j'ai tenu ce creuset pendant une heure dans le fourneau que j'avois employé pour ma première Expérience; au bout de ce tems, j'ai laissé tomber le feu, & mon creuset étant refroidi, je l'ai cassé & j'ai trouvé un beau verre dur, bien transparant & de couleur verte, mais sans aucun culot métallique; je n'attribue pas même la couleur du verre à autre chose qu'au flux dont je m'étois servi, lequel contenoit du phlogistique en abondance; principe qui donne de la couleur à tous les verres, peut-être même y entroit-il une portion de terre martiale, qui se trouve unie à presque tous les échantillons de Zéolite, & dont le tartre qui entre dans le flux noir, n'est jamais exempt; mais je ne crois pas que la Zéolite soit de nature métallique, puisque tous les verres qu'elle donne, lorsqu'on la fond sans addition, sont blancs comme de l'émail; d'ailleurs, dans les Expériences que je

vais rapporter, cette ſubſtance n'a rien fourni qui puiſſe le faire croire.

Les ſels acides attaquent la Zéolite lorſqu'ils ne ſont pas trop concentrés ; car autrement ils la durciſſent ainſi que l'a dit M. Crouſtedt.

M. le Chevalier *Vou-linné* dit, que la Zéolite forme, avec l'acide vitriolique affoibli, une eſpèce de gelée ; mais il ne dit pas à quoi eſt dûe la production de ce phénomène. C'eſt ce que je vais tâcher d'éclaircir.

Ayant mis quatre onces de Zéolite en poudre dans huit onces d'huile de vitriol médiocrement concentrée, il s'eſt produit un aſſez grand degré de chaleur, & au bout de ſix heures la maſſe étoit en conſiſtance d'une gelée blanche de couleur d'opale & bien tremblante. Cette maſſe, expoſée à l'air, en a attiré l'humidité ſenſiblement ; l'ayant examiné au bout de deux années, j'ai trouvé des maſſes aſſez conſidérables de cette gelée nageantes dans une liqueur épaiſſe & acide ; j'ai ſéparé cette liqueur par le moyen du filtre & j'en ai retiré, par l'évaporation, un ſel vitriolique de Zéolite, ſemblable à celui que je ferai connoître dans l'inſtant : ce ſel étoit avec excès d'acide ; j'ai pris la maſſe gélatineuſe, qui étoit reſtée ſur le filtre, je l'ai lavée dans pluſieurs eaux diſtillées juſqu'à ce que ce fluide refusât d'en diſſoudre : il eſt reſté environ un quart, c'eſt-à-dire, une once de Zéolite qui n'étoit pas ſalin. Les leſſives de la matière mucilagineuſe m'ont donné, par l'évaporation, le même ſel que j'avois obtenu en évaporant la liqueur acide qui ſurnageoit le mucilage ; mais ce dernier ne contenoit pas une auſſi grande ſurabondance d'acide que le premier. Ces tentatives me firent ſoupçonner que le produit gélatineux qu'on obtenoit en diſſolvant la Zéolite, n'étoit que l'état paſſager d'une combinaiſon qui n'eſt pas bien parfaite : on voit, en effet, que l'humidité de l'air ſuffit pour détruire en partie la conſiſtance gélatineuſe de cette combinaiſon, &

que

que l'eau achève de la détruire, en la mettant dans l'état ordinaire d'une diſſolution ſaline capable de cryſtalliſer lorſqu'on enlève au ſel une portion de l'eau qui le tenoit diſſous. Je penſai donc que la production du mucilage ne dépendoit que de ce que l'acide vitriolique, appliqué à une maſſe de Zéolite un peu conſidérable, s'échauffoit & l'attaquoit vivement, mais en partie ſeulement, & que le ſel qui en réſultoit, cryſtalliſoit d'une manière prompte & pêle-mêle avec la portion de Zéolite & d'acide qui n'étoient pas combinés, puiſqu'en délayant ſuffiſamment le mélange, je venois à bout de ſéparer la portion ſaline d'avec celle qui ne l'étoit pas.

7.° Pour lever tous mes doutes, à cet égard, j'ai pris une demi-once de Zéolite réduite en poudre, j'ai verſé deſſus une once d'huile de vitriol bien blanche & bien concentrée, il ne s'eſt pas produit de chaleur ſenſible, & l'huile de vitriol ne s'eſt point colorée : la Zéolite s'eſt aſſez ſenſiblement durcie ; au bout de quatre heures, j'ai ajouté une once d'eau diſtillée, le mélange s'eſt échauffé, il s'eſt dégagé des vapeurs, mais elles n'avoient aucun caractère ſulphureux, & étoient telles qu'elles réſultent ordinairement du mélange de l'huile de vitriol concentrée avec l'eau ; au bout de quatre heures, la liqueur avoit pris une conſiſtance plus ſolide, mais elle n'étoit pas gélatineuſe ; je l'ai fait chauffer & évaporer à ſiccité à l'aide d'une chaleur douce & incapable de diſſiper l'acide, qui pouvoit s'être combiné à la Zéolite. J'ai leſſivé la matière deſſéchée en y verſant à pluſieurs repriſes de l'eau diſtillée, juſqu'à ce qu'elle refusât d'en diſſoudre ; j'ai employé à ces lavages vingt-quatre onces, & il eſt reſté deux gros moins quelques grains, c'eſt-à-dire, près de la moitié de Zéolite, qui n'étoit pas dans l'état ſalin. On peut diſſoudre la plus grande partie de ce réſidu en le faiſant bouillir dans de nouvel acide vitriolique ; mais il faut s'y prendre à pluſieurs fois, & il en reſte toujours preſque un quart qui ne peut ſe diſſoudre : j'ai raſſemblé toutes les eaux qui avoient paſſé ſur la maſſe ſaline de Zéolite ; je les ai fait évaporer & j'en ai obtenu un ſel qui

cryſtalliſoit difficilement ſur la fin ; ce ſel peſoit cinq gros & demi, il contenoit beaucoup d'acide ſurabondant & très-peu d'eau; auſſi n'a-t-il pas pu perdre ſon excès d'acide par l'imbibition ſur le papier gris, ſuivant la méthode de M. *Baumé* : j'ai ajouté un peu d'eau pour enlever l'excès d'acide; on peut y parvenir de cette manière, mais on perd beaucoup: j'ai verſé une demi-once d'eau ſur ce ſel avec excès d'acide, il s'eſt excité une chaleur vive & plus de la moitié de la maſſe a été diſſoute, ce qui reſtoit étoit beaucoup moins acide, j'ai verſé deſſus une once d'eau qui en a diſſous une quantité aſſez conſidérable; une ſeconde once d'eau verſée ſur le réſidu, en a encore diſſous une partie, le reſte ne contenoit plus d'acide ſurabondant, & n'a pu être diſſous que par cinq onces & demie d'eau, ce qui fait huit onces de ce fluide pour diſſoudre une demi once de ce ſel. On peut voir, d'après cela, que le ſel vitriolique de Zéolite eſt plus diſſoluble que la ſélénité & qu'il l'eſt beaucoup moins que l'alun; on voit encore que plus ce ſel contient d'acide ſurabondant, plus il eſt facile à diſſoudre. M. *Baumé* a publié, dans ſa Chymie, une obſervation ſemblable ſur le gypſe.

Comme j'avois pris ſoin de ſéparer les différentes eaux, qui avoient ſervi à diſſoudre le ſel vitriolique de Zéolite, je les ai fait évaporer ſéparément à une chaleur douce ; la première m'a donné un ſel avec excès d'acide, qui a eu beaucoup de peine à ſe deſſécher, expoſé à l'air, il en attiroit puiſſamment l'humidité & ſe noirciſſoit; la ſeconde diſſolution a donné un ſel moins chargé d'acide & conſéquemment moins déliqueſcent, mais toujours ſuſceptible de s'humecter & de noircir à l'air; la troiſième diſſolution & les ſuivantes, ont donné un ſel parfaitement blanc & qui n'éprouvoit aucune altération de la part de l'air. Ce ſel, que je nomme *ſel vitriolique de Zéolite*, eſt ſous la forme de petites lames ou de flocons applatis, liés les uns aux autres & formant une pellicule terreuſe un peu brillante, aſſez ſemblable à l'eſpèce d'argille factice que M. *Baumé* forme en ſaturant l'alun de ſa propre terre, & il a conſtamment

la même forme, soit qu'il soit privé de tout acide surabondant, soit qu'il en retienne une très-grande quantité. La saveur du sel vitriolique de Zéolite, privé de tout acide surabondant, est amère & un peu stiptique; lorsqu'on expose ce sel au feu dans un creuset, il se desséche, mais il ne se boursoufle pas comme l'alun.

8.° J'ai distillé du sel vitriolique de Zéolite avec excès d'acide dans une cornue de verre que j'avois placée dans un fourneau de réverbère; j'ai élevé le feu jusqu'à ce que la cornue fût bien rouge; j'ai trouvé, dans le récipient, de l'eau chargée d'acide vitriolique; la masse, qui étoit dans la cornue, n'étoit plus avec excès d'acide, elle étoit néanmoins dissoluble en totalité dans l'eau, & sa dissolution évaporée, a donné du sel vitriolique de Zéolite parfaitement neutre: ce procédé m'a paru le plus propre à enlever à ce sel son excès d'acide.

Le sel vitriolique de Zéolite, ainsi privé d'acide surabondant, demande, pour se dissoudre, vingt-quatre parties d'eau froide, au-lieu de seize; au reste, il n'en est pas moins constant que ce sel est plus dissoluble que la sélénité, & qu'il l'est moins que l'alun.

9.° L'eau bouillante dissout le sel vitriolique de Zéolite en plus grande quantité que l'eau froide, & les crystaux que j'ai obtenus par le refroidissement, ne diffèrent en rien de ceux de la même dissolution faite à froid.

10.° Pour voir jusqu'à quel point l'acide vitriolique adhéroit à la Zéolite, j'ai pris du sel vitriolique de Zéolite bien dépouillé de tout acide surabondant par deux lavages; je l'ai distillé dans une cornue de verre au fourneau de réverbère; j'ai entretenu le feu dans sa plus grande violence pendant quatre heures, le sel ne s'est pas décomposé; je n'ai trouvé dans le ballon que de l'eau pure.

11.° Le vitriol de Zéolite peut être décomposé par les sels

alkalis ſoit fixes, ſoit volatils; j'ai verſé de l'huile de tartre dans une diſſolution de ſel vitriolique de Zéolite, la liqueur s'eſt troublée & il s'eſt fait un précipité blanc très-abondant; j'ai dépouillé ce précipité de toute matière ſaline par des lavages multipliés, je l'ai enſuite fait ſécher doucement; il étoit d'un blanc ſale & n'avoit aucune ſorte de liant; mêlé aux acides, il a fait une effervescence aſſez marquee & s'y eſt diſſous en grande partie, mais non pas en totalité. Lorſque ce précipité eſt récent & humide, il ſe diſſout aiſément & en totalité dans tous les acides; ces caractères lui ſont communs avec ceux que M. *Baumé* a aſſignés à la terre précipitée de l'alun par l'alkali fixe.

Lorſque j'ai employé l'alkali volatil, pour décompoſer le ſel vitriolique de Zéolite, je n'ai apperçu aucune différence dans les réſultats.

La craie miſe dans une diſſolution de ſel vitriolique de Zéolite n'y occaſionne aucun précipité, il en eſt de même de la terre d'alun.

12.° J'ai verſé, dans une diſſolution de ſel vitriolique de Zéolite, une leſſive d'alkali phlogiſtiqué préparé pour faire le bleu de Pruſſe; il s'eſt dégagé à l'inſtant un précipité blanc fort abondant; j'ai verſé un acide ſur ce précipité, tout s'eſt diſſous, la liqueur eſt devenue parfaitement tranſparente; mais, au bout de deux jours, on y voyoit quelques parties de bleu de Pruſſe, mais en trop petite quantité pour pouvoir être raſſemblé. J'attribue encore ce bleu à la terre ocracée, dont il eſt difficile de dépouiller parfaitement la Zéolite, & cela ne m'empêche point de penſer que la Zéolite n'eſt point une terre métallique; 1.° parce que les acides ne ſe combinent pas auſſi facilement avec les terres métalliques parfaitement déphlogiſtiqués: or la blancheur du verre de Zéolite, prouve que cette ſubſtance ne contient point de principe inflammable; on le voit encore, parce qu'elle ne donne à l'huile

de vitriol ni couleur ni caractère sulphureux; 2.° tous les sels métalliques décomposés par l'alkali phlogistiqué, fournissent des précipités indissolubles dans les acides : or le précipité obtenu du sel vitriolique de Zéolite par cet alkali, est, à très-peu-près, dissoluble en entier dans les acides. Il n'est donc dû qu'à la portion d'alkali qui n'est pas saturé de la manière phlogistique, & qui agit à sa manière sur les sels à base terreuse; la portion d'alkali qui est bien chargée de matière phlogistique, n'étant susceptible d'être décomposée que par les sels métalliques, ainsi que l'a démontré M. *Macquer*, dans ses savans Mémoires sur le bleu de Prusse.

13.° L'acide nitreux dissout la Zéolite avec autant de facilité que le fait l'acide vitriolique. J'ai pris une demi-once de Zéolite, j'ai versé dessus une once d'esprit de nitre rouge & bien fumant, j'ai ajouté une once d'eau distillée; il s'est fait un petit mouvement, & l'acide en a dissous une assez grande quantité; j'ai distillé le tout dans une cornue de verre sur un bain de sable, j'ai lessivé la matière desséchée avec une livre d'eau distillée, en la versant à plusieurs fois, jusqu'à ce qu'elle refusât d'en dissoudre. La matière, qui n'étoit pas dans l'état salin, pesoit deux gros; j'ai versé dessus une nouvelle once d'esprit de nitre & autant d'eau distillée; j'ai distillé comme la première fois, & j'ai dissous la matière desséchée dans douze onces d'eau distillée; tout a été dissous à l'exception de douze grains.

La dissolution de nitre de Zéolite évaporée à une chaleur douce, a fourni un sel ressemblant à une gomme, dans laquelle néanmoins on voyoit distinctement des crystaux blancs disposés en barbe de plume. La masse imitoit assez bien les pains de régule d'antimoine du commerce, sur lesquels on voit une crystallisation qu'on a comparée à des feuilles de fougère. Lorsque la dissolution de nitre de Zéolite a été rapprochée par l'évaporation, autant qu'il est possible, elle crystallise alors subitement par le refroidissement, & forme un gros

faiſceau d'aiguilles, qui convergent toutes vers un centre commun.

Le nitre de Zéolite a une ſaveur violemment ſtiptique, & ſemblable à celle du nitre qu'on forme avec la terre de l'alun, auquel il reſſemble d'ailleurs beaucoup par la propriété d'attirer l'humidité de l'air & de ſe réſoudre en liqueur.

Le nitre de Zéolite eſt décompoſé très-facilement par l'acide vitriolique.

La diſſolution de ce ſel eſt ſuſceptible d'être précipitée par les ſels alkalis, comme celle du ſel vitriolique de Zéolite.

14.°. L'acide marin verſé ſur la Zéolite, l'attaque même à froid, & en diſſout une quantité aſſez conſidérable. J'ai opéré ſur cette matière avec l'acide marin, comme j'avois opéré avec l'acide nitreux, & je n'ai vu d'autres différences, ſinon que l'acide marin diſſout cette ſubſtance en moins grande quantité que ne le fait l'acide nitreux & même l'acide vitriolique. Le ſel marin de Zéolite eſt jaunâtre, fortement ſtiptique & moins déliqueſcent que le nitre de Zéolite, il reſſemble au ſel marin, dont la baſe eſt la terre de l'alun : ce ſel eſt décompoſé par les acides vitrioliques & nitreux & par les alkalis.

De tous les faits que je viens de rapporter, je crois être en droit de conclure, 1.° Que la Zéolite n'eſt point une terre vitrifiable, au moins de l'eſpèce de celles auxquelles on donne ce nom, puiſqu'elle ſe vitrifie ſans addition; 2.° Qu'elle n'eſt point calcaire, puiſque dans ſon état d'aggrégation, elle ne fait point efferveſcence avec les acides, qu'elle ne donne point d'air fixé, lorſqu'on la traite à feu nu ou dans les vaiſſeaux clos, qu'après la calcination, elle ne s'échauffe point avec l'eau, & qu'elle ne dégage point l'alkali volatil lorſqu'on la triture avec le ſel ammoniac; 3.° Qu'elle n'eſt point de nature argilleuſe, puiſque, loin de ſe durcir au feu en perdant ſon humi-

dité, elle devient, au contraire, très-friable; qu'elle n'a aucun liant, soit avant d'avoir été privée d'eau, soit après en avoir été dépouillée; qu'elle ne fait pas d'alun lorsqu'on la combine avec l'acide vitriolique; que la craie ne la dégage pas des acides auxquels on l'unit; & qu'enfin la terre précipitée de ses dissolutions salines, n'a pas plus de liant qu'elle n'en avoit avant sa dissolution; 4.° qu'elle n'est point un sel, qu'elle ne contient rien de salin, puisque l'eau bouillante n'en peut rien extraire; 5.° Enfin qu'elle n'est point une terre métallique, puisqu'elle ne fournit point de verres colorés lorsqu'on la fond sans addition, puisqu'on n'en peut rien tirer de métallique en la fondant avec des matières phlogistiquées, puisque les acides la dissolvant presque en totalité; l'alkali phlogistiqué ne décompose ces dissolutions que comme celles des sels à base terreuse.

Je regarde donc la Zéolite comme une terre particulière; mais je ne me contente pas de lui assigner pour caractère la propriété qu'elle a de se fondre avec le sel de soude, ainsi que l'a fait M. *Crousledt,* ni celle de former une gelée avec l'acide vitriolique, puisqu'elle a cela de commun avec plusieurs substances fort différentes les unes des autres, comme le lapislazuli, l'étain, la pierre hématite, & la plupart des mines de fer, & que d'ailleurs cet état est passager & non permanent.

Je la distinguerai par la propriété qu'elle a de se fondre sans addition en un verre opaque comme l'émail, & par celle de se dissoudre presqu'en totalité dans tous les acides, avec lesquels elle se comporte en quelque sorte comme la terre de l'alun dont elle diffère d'ailleurs à beaucoup d'égards, principalement par sa fusibilité & son défaut de liant.

Peut-être, par la suite, l'analyse chymique nous fera-t-elle connoître quelques substances analogues à la Zéolite; il seroit aussi fort possible qu'il y ait plusieurs espèces de terres argilleuses. M. *Black* a fait voir que la terre de la Magnésie, qui

fait effervescence avec les acides, ne forme jamais de chaux vive par la calcination ; & plusieurs très-bons Chymistes, pensent que le sel d'Epsom, le gyps, la sélénité, les spaths vitreux & les spaths fusibles, ne different qu'en raison de la terre calcaire qui leur sert de base, & qui pourroit bien ne pas être la même dans toutes les substances.

Je finirai par faire observer, que si quelqu'un étoit disposé à croire que la Zéolite fût un produit de volcan, il devroit être détourné de cette idée, en réfléchissant à la quantité d'eau que contient cette substance ; quantité qui va presque au quart de son poids & qu'elle perd à l'aide d'une chaleur beaucoup plus foible que celle que produit un volcan : on ne peut donc embrasser cette opinion, à moins de penser que cette matière calcinée une première fois, a été de nouveau dissoute, charriée & crystallisée par l'eau ; mais ce n'est qu'une pure hypothèse dénuée de preuves, & sur laquelle je n'insisterai pas davantage.





SOLUTION DE QUELQUES PROBLÊMES

Relatifs à la Théorie des Surfaces courbes, & des Courbes à double courbure.

Par M. TINSEAU,

Correſpondant de l'Académie, Officier au Corps Royal du Génie.

PROBLÊME PREMIER.

1. *TROUVER l'équation du plan tangent à une ſurface courbe, en un point donné.* Préſenté en 1774.

SOLUTION.

Soit A l'origine des trois plans coordonnés, PAE, PAR, RAE, auxquels eſt rapportée la ſurface courbe; ſoient AP (x), PQ (y), QM (z), les coordonnées du point M de la ſurface; par M, imaginons deux plans, l'un perpendiculaire aux AP (x), l'autre perpendiculaire aux PQ (y); ſoient FMS, NMG, les ſections de la ſurface, par ces deux plans; MmT, NMt, les tangentes au point M, de ces deux ſections; T & t, les points où ces tangentes remontrent le plan PAE; le plan TMt, ſera évidemment le plan tangent, en M, à la ſurface : il s'agit donc de trouver l'équation de ce plan, dont Tt eſt l'interſection avec le plan PAE. Pour cela, ſoit μ un quelconque de ſes points; de μ; ſoit abaiſſée, ſur PAE, la perpendiculaire $\mu\lambda$; du point λ, ſur AP, la perpendiculaire $\lambda\pi$; appellons π, φ, ω, les coodonnées Aπ, $\pi\lambda$, $\lambda\mu$, du point μ; par $\mu\lambda$, imaginons encore deux plans, l'un parallèle à MTQ, l'autre à MtQ; ils couperont le plan PAE, ſuivant les droites $\lambda\theta$, $\lambda\gamma$, parallèles Fig. 1.

à PQ & AP, & le plan tangent, suivant les droites $\mu\theta$, $\mu\gamma$, parallèles aux tangentes MT, Mt: nommons s & s' les soutangentes des courbes FMS, NMG; par les points N & m, que je suppose infiniment proches de M, abaissons, sur le plan PAE, les perpendiculaires Nq, mQ': enfin menons parallèlement à TQ & à tQ, les petites droites Mi, me: cela posé, si on représente la différentielle d'une fonction A, de x, y, prise en ne faisant varier que x, par $(\frac{dA}{dx})dx$, il est aisé de voir, que $Ni = (\frac{dz}{dx})\cdot dx$, & $Me = (\frac{dz}{dy}).dy$.

Cela posé, les triangles MQT, $\mu\lambda\theta$, donnent .... $MQ(z) : TQ(s) :: \mu\lambda(\omega) : \lambda\theta = \frac{\omega s}{z}$; mais .... $\lambda\theta = \pi\theta - \pi\lambda \cdots\cdot \pi\lambda = \omega$, & $s' : s :: B\pi : \pi\theta = B\pi \times \frac{s}{s'}$, & $B\pi = BP \mp P\pi$ ($\mp$, suivant que le point μ est plus près ou plus loin du plan RAE, que le point M): or .... $s : s' :: PT\,(y+s) : BP = (y+s)\times\frac{s'}{s}$, & .... $P\pi = \pm x \mp \pi$: donc $B\pi = (y+s)\times\frac{s'}{s} - x + \pi$: donc $\lambda\theta$, ou $\frac{\omega s}{z}$, est $= ((y+s)\times\frac{s'}{s} - x + \pi)\times\frac{s}{s'} - \varphi$; équation qui devient $-ss'\times(z-\omega) + sz\times(x-\pi) - zs'\times(y-\varphi) = 0$; substituant, dans cette équation, à s & s', leurs valeurs, qui sont $\frac{-z\,dy}{(\frac{dz}{dy})\cdot dy}$ & $\frac{z\,dx}{(\frac{dz}{dx})\cdot dx}$, on aura, toute réduction faite, l'équation ....

$$(x-\pi)\times dy\times(\tfrac{dz}{dx})\cdot dx + (y-\varphi)\,dx\times(\tfrac{dz}{dy})\cdot dy - (z-\omega)\,dx\,dy = 0. \quad (A).$$

Je prends, pour s, $\frac{-z\,dy}{(\frac{dz}{dy})\cdot dy}$, parce que PQ croissant, MQ diminue, & qu'ainsi leurs différentielles, dy & $(\frac{dz}{dy})\,dy$, doivent être prises avec des signes différens.

COROLLAIRE.

1. Faisant $\omega = 0$, dans l'équation (A), on aura l'équation de la ligne Tt, suivant laquelle le plan tangent coupe le plan PAE; de même en faisant π ou $\varphi = 0$, on trouveroit les intersections du plan tangent avec les autres plans coordonnés.

Remarque.

3. L'équation (A) ne contient évidemment que trois variables; puisque le point M étant donné, x, y & z sont aussi donnés: de plus, elle est algébrique, quoique sous une forme differentielle : car, pour avoir $(\frac{dz}{dx})\cdot dx$, il faut prendre, dans l'équation de la surface, la valeur de z, en x & y, & différencier cette valeur, comme si x seul varioit; ce qui donne une fonction algébrique, de x & y, dont tous les termes sont affectés de dx: donc $dy \times (\frac{dz}{dx})\cdot dx$ est une fonction algébrique, dont tous les termes sont affectés de $dxdy$: on prouvera de même que $dx \times (\frac{dz}{dy})\cdot dy$ est une fonction algébrique, multipliée par $dxdy$: donc toute l'équation (A) est une fonction algébrique, multipliée, & partant divisible par $dxdy$: donc, &c.

Problême II.

4. *Le Problême premier nous donne une solution bien simple de celui-ci. Ayant mené, par un point donné, une infinité de lignes, tangentes à une surface donnée, déterminer la courbe à double courbure, qui est le lieu de tous les points, dans lesquels ces lignes touchent la surface.* Fig. 1.

Solution.

Soit M un des points de cette courbe; x, y, z, ses coordonnées AP, PQ, QM; μ, le point fixe, duquel il faut mener ces tangentes à la surface; a, b, c, les coordonnées constantes, & connues, $A\pi$, $\pi\lambda$, $\lambda\mu$, de ce point μ: si, par le point M, on imagine le plan tangent à la surface, il passera par le point μ: l'équation (A), qui convient à tous les points d'un plan tangent, conviendra donc au point μ, en y substituant les coordonnées particulières a, b, c, de ce point μ, à la place des coordonnées indéterminées π, φ, ω: on aura donc l'équation suivante . . . .

$$(x-a)dy \times (\tfrac{dz}{dx})\cdot dx + (y-b)dx \times (\tfrac{dz}{dy})\cdot dy - (z-c)dxdy = 0. \quad (B)$$

Cette équation jointe à celle de la surface, donnera l'équation de projection de la courbe sur un quelconque des trois plans coordonnés.

Remarquons que toutes ces tangentes forment la surface d'un cône tangent à la surface proposée, dont le sommet est au point μ, & que la courbe que nous venons de déterminer, est celle suivant laquelle ce cône rase & touche la surface.

Scholie.

5. Ce que nous venons de voir, est le fondement de la solution du problême général de la perspective & de celui des ombres, qui, géométriquement, est le même.

Chaque point de la partie visible d'un corps éclairé, envoie à l'œil un rayon de lumière : on peut donc regarder l'œil, comme le sommet d'un cône de lumière, qui a pour base la partie visible de l'objet, & dont la surface est tangente à celle de l'objet : or, si on imagine ce cône coupé par une nouvelle surface quelconque, dont chaque point soit coloré de la couleur que porte le rayon de lumière par lequel il est rencontré; il est évident que cette surface fera sur l'œil la même impression que l'objet : car elle y enverra le même nombre de rayons, suivant la même direction & portant les mêmes couleurs. Cette surface sera donc la perspective de l'objet donné. La perspective contient donc deux parties; la première, qui consiste à déterminer géométriquement les dimensions de la perspective, se nomme perspective *géométrale*; la seconde, qui est l'art d'y appliquer les coloris, se nomme perspective *aërienne*, & est du ressort de la peinture.

La perspective géométrale se réduit donc à trouver l'intersection du cône de lumière avec une surface donnée, c'est-à-dire, dont on connoît l'équation. Or, nous remarquerons que ce cône a pour base la courbe à double courbure, dont nous avons appris (N.° 4) à trouver les équations. Le Problême de la perspective est donc réduit à trouver l'équation d'un cône qui

a pour ſommet un point donné de poſition, & pour baſe une courbe à double courbure, dont on a les équations de projection: car ayant l'équation de ce cône, on trouvera aiſément ſon interſection avec la ſurface donnée, qui doit ſervir de tableau.

Si, au-lieu d'un œil, on imaginoit un point lumineux, la partie éclairée de l'objet ſeroit la baſe d'un cône d'ombre, qui eſt abſolument le même que le cône de lumière dont nous venons de parler. Ainſi, le Problême de déterminer l'ombre portée par une ſurface donnée ſur une autre auſſi donnée, ſe réduit comme celui de la perſpective, à trouver l'interſection du cône tangent à la première ſurface avec la ſeconde.

Nous remarquerons encore que, ſuivant que le point donné μ, eſt un œil ou un point lumineux, l'interſection ou plutôt la rencontre du cône de lumière avec la ſurface de l'objet, eſt la courbe qui ſépare la partie viſible de l'inviſible, ou la partie éclairée de la partie obſcure de cette ſurface.

PROBLÊME III.

6. *Trouver l'équation d'un cône, étant données les coordonnées de ſon ſommet, & les équations de projections d'une courbe plane ou à double courbure par laquelle & par le ſommet eſt ſuppoſée paſſer la ſurface de ce cône.* *Fig. 2.*

SOLUTION.

Soit Rm la projection ſur le plan PAE de la courbe à double courbure, par laquelle paſſe la ſurface conique, S′ & M, les projections ſur ce plan du ſommet S & d'un point N quelconque de la ſurface; par S & N, imaginons un apothême qui rencontre la courbe à double courbure en un point n, que je ſuppoſe projetté en m ſur le plan PAE; par S′, M, & m, menons ſur AP, les trois perpendiculaires S′S″, MP, mp; par M & m, les droites ML, ml parallèles à AP; enfin par n, la droite nhK parallèle à mS′, & terminée à la perpendiculaire SS′: ſoient π, φ & ω les coordonnées AP, PM, MN, de

la surface conique; a, b & c les coordonnés connues AS″, S″S, S′S du sommet; x, y, z, celles Ap, pm, mn de la courbe à double courbure: on aura ....

$$Nh(\omega-z):fK(c-z)::nh:nK::mM:mf'::mi(\pi-x):ml(a-x)::Ll(\varphi-y):lf'(b-y).$$

Le premier rapport, comparé avec le quatrième & le cinquième, donnera les deux équations suivantes ....

$$\left\{\begin{array}{l}(\omega-z)\times(a-x)=(c-z)\times(\pi-x)\\(\omega-z)\times(b-y)=(c-z)\times(\varphi-y)\end{array}\right\}\begin{array}{l}(C)\\(D)\end{array}$$

Si on place l'origine des coordonnées au sommet S, les équations, que nous venons de trouver, deviennent .....

$$\left\{\begin{array}{l}\pi z=\omega x\\\varphi z=\omega y\end{array}\right\}.$$

Les deux équations C & D, jointes aux deux équations de la courbe à double courbure, en font 4 par le moyen desquelles on pourra toujours éliminer x, y & z, & partant avoir une équation en π, φ & ω.

REMARQUE.

7. Si la surface à mettre en perspective n'étoit pas indéfinie, mais terminée par une courbe tracée sur la partie visible de cette surface, le Problême n'en seroit que plus aisé, puisqu'on auroit directement la courbe qui sert de base au cône de lumière, sans être obligé de la terminer par le N.° 4.

Je n'ajouterai rien sur la manière de mettre un point en perspective sur une surface courbe quelconque pour tableau, puisque ce Problême est renfermé dans ce que nous venons de dire, & en est le cas le plus simple.

SCHOLIE PREMIÈRE.

8. Quoique la théorie que nous venons de donner, ne paroisse pas d'une grande utilité dans la pratique, elle peut néanmoins servir à déterminer les points principaux d'une perspective, d'après lesquels l'Artiste risque moins de s'égarer. Il faut aussi avouer qu'on ne se sert presque jamais que de *tableaux* plans,

par la grande difficulté qu'il y a à opérer ſur un tableau courbe. C'eſt auſſi par la même raiſon, que les Artiſtes ne choiſiſſent preſque jamais pour ſujets de perſpective, que des corps terminés, au moins en grande partie, par des faces planes, comme des morceaux d'architecture, &c. Dans ce cas, & lorſque l'objet à mettre en perſpective contient beaucoup d'arrêtes parallèles, ils ſe ſervent, pour abréger, du principe ſuivant: *Les perſpectives de pluſieurs droites parallèles ſe rencontrent au point d'interſection du tableau avec la droite menée par l'œil parallèlement à ces droites.* Voici une démonſtration bien ſimple de ce principe, dont les Auteurs de perſpective ont juſqu'ici cherchée la preuve, les uns dans la métaphyſique, les autres dans des conſidérations ſur l'infini.

Par deux lignes parallèles & limitées, imaginons deux plans triangulaires, ayant leurs ſommets à l'œil: ſoient coupés ces deux plans par un troiſième quelconque, que je prends pour tableau; les perſpectives des deux parallèlas ſont (N.° 5) les interſections des plans triangulaires par le tableau: or ces deux perſpectives étant dans un même plan, qui eſt celui du tableau, ſe rencontreront en quelque point: mais puiſqu'elles ſont dans les deux plans triangulaires, elles ſe rencontreront dans l'interſection de ces deux plans: or cette interſection paſſe par l'œil, & de plus eſt parallèle aux deux droites à mettre en perſpective; donc les perſpectives de deux droites parallèles concourent au point de rencontre du tableau avec la droite menée par l'œil parallèlement à ces deux droites.

Scholie II.

9. Si la diſtance du point lumineux au corps qui porte ombre eſt incomparablement plus grande que la diſtance de celui-ci au corps ſur lequel il porte ombre, on pourra regarder les rayons de lumière qui vont raſer le premier corps comme parallèles. Dans ce cas, le Problème des ombres ſe réduit à trouver l'interſection d'une ſurface donnée avec une ſurface cylindrique tangente à une autre ſurface donnée & dont les arrêtes

ſont parallèles à une ligne connue de poſition. Pour cela il faut avoir l'équation de cette ſurface cylindrique, ce qui ſuppoſe qu'on ait celle de ſa baſe, c'eſt-à-dire, de la courbe à double courbure, ſuivant laquelle elle touche la ſurface propoſée.

PROBLÊME IV.

10. *Trouver l'équation de la courbe à double courbure, ſuivant laquelle une ſurface donnée eſt touchée par une infinité de lignes parallèles à une direction connue.*

SOLUTION.

Soit M un point quelconque de cette courbe; x, y & z; ſes coordonnées AP, PQ, QM; on pourra, par le point M, mener une droite Mβ parallèle à la direction connue: ſoit a l'angle qu'elle fait avec le plan PAE, ou avec ſa projection $\beta Q b$, l'angle $t Q \beta$, que fait cette projection avec tQ, ou l'axe AP qui lui eſt parallèle. Par la condition du Problême, cette droite ſera tengente à la ſurface en M, elle ira donc rencontrer le plan PAE en un point β de la droite Tt.

On aura $MQ = \beta Q \times tang\ a$: donc $\beta Q = \frac{z}{tang\ a}$; mais le triangle $t\beta Q$, donne $\beta Q = tQ \times \frac{sin\ \beta t Q}{sin\ t \beta Q}$: or, 1.° $Qt = \frac{z\,dx}{\left(\frac{dz}{dx}\right)\cdot dx}$: 2.° Dans le triangle rectangle tQT, on a ....

$$tQ = \frac{z\,dx}{\left(\frac{dz}{dx}\right)\cdot dx} : TQ = \frac{z\,dy}{\left(\frac{dz}{dy}\right)\cdot dy} :: cos\ \beta t Q : sin\ \beta t Q;$$ d'où je tire

$$sin\ \beta t Q = \frac{dy \times \left(\frac{dz}{dx}\right)\cdot dx}{\sqrt{\left(dy^2 \times \left(\left(\frac{dz}{dx}\right) dx\right)^2 + dx^2 \times \left(\left(\frac{dz}{dy}\right)\cdot dy\right)^2\right)}}$$ &

$$cos\ \beta t Q = \frac{dx \times \left(\frac{dz}{dy}\right)\cdot dy}{\sqrt{\left(dy^2 \times \left(\left(\frac{dz}{dx}\right) dx\right)^2 + dx^2 \times \left(\left(\frac{dx}{dy}\right)\cdot dy\right)^2\right)}}$$: 3.° Il reſte donc à trouver $sin\ t\beta Q$: or l'angle Q, dans le triangle $t\beta Q$, eſt $= b$; &, ſi on appelle t, l'angle $\beta t Q$, on aura $t\beta Q = 180° - t - b$: donc ....

$sin\ t \beta Q =$

$fin\ t\beta Q = fin\,(180^\circ - t) \times cof\,b - fin\,b\ cof\,(180^\circ - t) = fin\,t \times cof\,b + fin\,b \times cof\,t;$

Donc, remettant, pour *fin t* & *cof t*, leurs valeurs, que nous venons de trouver, on aura ....

$$fin\ t\beta Q = \frac{cof\,b \times dy \times (\frac{dz}{dx}) \cdot dx + fin\,b \times dx \times (\frac{dz}{dy}) \cdot dy}{\sqrt{\left(dy^2 \times ((\frac{dz}{dx}) \cdot dx)^2 + dy^2 \times ((\frac{dz}{dy})\,dy)^2\right)}}$$: ainsi;

mettant, dans l'équation $\beta Q = tQ \times \frac{fin\,\beta t Q}{fin\,t\beta Q}$, pour ces grandeurs, les valeurs que nous venons de leur trouver, on aura l'équation suivante : ....

$$dx\,dy\ tang\,a = dy\ cof\,b \times (\tfrac{dz}{dx}) \cdot dx + dx\ fin\,b \times (\tfrac{dz}{dy}) \cdot dy. \quad (E).$$

PROBLÊME V.

11. *Trouver l'équation d'un cylindre formé en menant des parallèles à une ligne donnée, par tous les points d'une courbe à double courbure donnée.* FIG. 3.

SOLUTION.

Par l'origine A des coordonnées, imaginons une droite A φ, donnée de position; l'angle $\varphi A \lambda$ qu'elle fait avec sa projection & l'angle PAλ, que fait sa projection avec l'axe AP seront connus : soient *m* & *n* ces deux angles; M un point quelconque de la courbe à double courbure, *m* sa projection sur le plan PAQ; A*p* (x), *pm* (y), *m*M (z) ses coordonnées; MN une arête de la surface du cylindre; N un point quelconque de cette arête; AP (π), P*n* (φ) & *n*N (ω) ses coordonnées; MK une parallèle à *mn*; & enfin *ml* parallèle à AP; l'angle NMK sera $= m$, & l'angle $nml = n$.

On aura donc NK $(\omega - z) = MK \times tang\,m = mn \times tang\,m$; mais le triangle *mnl*, donne $mn = \frac{ml}{cof\,n} = \frac{\pi - x}{cof\,n}$; il donne aussi $mn = \frac{nl}{fin\,n} = \frac{\varphi - y}{fin\,n}$; ce qui donne les équations suivantes : ....

$$\begin{cases} \omega - z = \frac{tang\,m}{cof\,n} \times (\pi - x) & (F) \\ \omega - z = \frac{tang\,m}{fin\,n} \times (\varphi - y) & (G) \end{cases}$$

Ces deux équations, jointes aux deux de la courbe à

double courbure propoſée, ſuffiront pour éliminer x, y & z.

Remarquons qu'on pourroit déduire la ſolution de ces deux derniers Problêmes de celles du ſecond & du troiſième.

Corollaire.

12. Si on ſuppoſe l'angle $n = o$, ou que les arêtes du cylindre ſoient parallèles au plan des x & z, les équations F & G deviennent $\left\{\begin{matrix} \omega - z = tang\, m \times (\pi - x) \\ \varphi = y \end{matrix}\right\}$: ſi on ſuppoſe l'angle $m = 90°$, auquel cas $tang\, m = \infty$, les équations F & G deviennent, dans ce cas, qui eſt celui où les arêtes du cylindre ſont perpendiculaires au plan des x & y, $\left\{\begin{matrix} \pi = x \\ \varphi = y \end{matrix}\right\}$; c'eſt-à-dire, que, dans ce cas, le cylindre a même équation que la projection de la courbe à double courbure, ſur le plan des x & y; ce qu'on ſavoit déjà.

Lemme.

Fig. 4. 13. La valeur de la ſoutangente, pour un point quelconque N, d'une courbe à double courbure, BND, portée ſur la tangente de ſa projection, eſt $\frac{z\sqrt{(dx^2+dy^2)}}{dz}$ [z étant l'ordonnée perpendiculaire au plan de la projection, x & y les coordonnées dans ce plan de projection].

Si, par le point N, on imagine une perpendiculaire, Nt, à la courbe BND, dirigée dans le plan hNMt, la valeur de cette ſounormale, Mt, ſera $\frac{z\,dz}{\sqrt{(dx^2+dy^2)}}$.

Problême VI.

Fig. 4. 14. *Trouver l'équation de la ſurface formée par toutes les tangentes d'une courbe à double courbure propoſée.*

Solution.

Soit N un point quelconque de la courbe ; AP (x), PM (y), MN (z), ses coordonnées ; Nh, la tangente au point N ; n, un point quelconque, pris sur cette tangente, & partant sur la surface dont nous cherchons l'équation ; Aπ (π), $\pi\mu$ (φ), μn (ω), les coordonnées de cette surface : par les points h, μ, M & d infiniment voisin de M, menons des perpendiculaires sur AP ; enfin, par les points M & μ, menons parallèlement à AP, les droites Mi, $\mu\omega$, [Mi sera $= dx$, $id = dy$], & Ne parallèle à Md : les triangles semblables $nh\mu$, DNe, donnent De (dz) : Ne = Md ($\sqrt{(dx^2+dy^2)}$) :: $n\mu$ (ω) : $\mu h = \frac{\omega\sqrt{(dx^2+dy^2)}}{dz}$: or $\mu h = $ Mh — Mμ ; mais $\frac{z\sqrt{(dx^2+dy^2)}}{dz} =$ Mh, & .... Mμ : $\mu\omega$ ($x-\pi$) :: Md ($\sqrt{(dx^2+dy^2)}$) : Mi (dx) ; & partant, M$\mu = (x-\pi) \times \frac{\sqrt{(dx^2+dy^2)}}{dx}$: on a aussi M$\mu = (y-\varphi) \times \frac{\sqrt{(dx^2+dy^2)}}{dy}$: la première valeur de μh, comparée avec les deux dernières, donne les équations suivantes : ....

$$\begin{cases} z-\omega=(x-\pi)\frac{dz}{dx} & \text{I} \\ z-\omega=(x-y)\frac{dz}{dy} & \text{K} \end{cases}$$

Corollaire premier.

15. Faisons, dans les deux équations I & K, $\omega = 0$, nous aurons, pour déterminer la courbe $hh'h''$, suivant laquelle les tangentes de la courbe à double courbure rencontrent le plan PAQ des x & y, les deux équations ....

$$\begin{cases} z=(x-\pi)\frac{dz}{dx} & (\text{H}) \\ z=(y-\varphi)\frac{dz}{dy} & (\text{L}) \end{cases}$$

Remarque.

16. On voit aisément que les quatre équations que nous venons de trouver, sont algébriques, quoique sous une forme différentielle, & que les deux équations de la courbe à double courbure combinées avec les deux I & K, ou avec les deux H & L, suffisent pour éliminer x, y & z.

Corollaire II.

17. Si on suppose le point N donné & partant x, y & z connus, les équations H & L donnent la position du point h sur le plan PAQ, & fournissent par conséquent un moyen de mener une tangente d'une courbe à double courbure sans avoir recours aux tangentes de ses projections.

Corollaire III.

18. Dans bien des cas, la courbe à double courbure formée par l'intersection de deux surfaces, devient une courbe plane : or, dans ce cas, la surface des tangentes devient le plan même de la courbe; les équations I & K nous fournissent donc un moyen non-seulement de reconnoître dans quels cas une courbe rapportée à trois plans est plane, mais encore l'équation du plan dans lequel elle se trouve; Problême assez important dans la théorie des courbes à double courbure.

Scholie.

19. Une courbe plane n'est susceptible que d'une espèce d'inflexion, qui a lieu quand deux ou plusieurs élémens de cette courbe se trouvent en ligne droite; mais, outre cette espèce d'inflexion, les courbes à double courbure en admettent une autre qui a lieu, quand trois ou en général un plus grand nombre d'élémens consécutifs de la courbe à double courbure se trouvent dans un même plan. J'appellerai *inflexion plane*, cette seconde espèce d'inflexion, pour la distinguer de la première, que je nommerai *inflexion linéaire*.

Problême VII.

Fig. 4. 20. *Déterminer les points d'inflexion plane d'une courbe à double courbure.*

Solution.

Soient DN, Nδ, $\delta\psi$, trois élémens consécutifs de la courbe à double courbure BND prolongés jusqu'à ce qu'ils rencontrent en h, h', h'' le plan PAQ : $h\,h'$ sera la rencontre du plan PAQ avec le plan mené par les deux élémens DN, Nδ, & $h'\,h''$ sa rencontre avec le plan mené par les deux élemens Nδ, $\delta\psi$: donc si les trois élémens consécutifs DN, Nδ, $\delta\psi$ de la courbe BND sont dans un même plan, les deux élémens $h\,h'$, $h'\,h''$ de la courbe $h\,h'\,h''$ seront en ligne droite. Si l'inflexion plane, au lieu d'être simple, étoit multiple du degré m, c'est-à-dire, si un nombre $m+2$ d'élémens consécutifs de la courbe BND, se trouvoient dans un même plan, à commencer du point N, la courbe $h\,h'\,h''$ auroit un nombre $m+1$ d'élémens en ligne droite, à compter du point h correspondant au point N, c'est-à-dire, auroit en h une inflexion du degré m.

Il suit de-là, que pour trouver le point ou les points d'inflexion plane de la courbe BND, on cherchera ceux de la courbe $h\,h'\,h''$ dont on trouvera l'équation (N° 15.) : soit h un de ces points d'inflexion, a & b, ses coordonnées AH, Hh ; on substituera à π & φ leurs valeurs a & b dans les équations H & L, qui ne contiendront plus que x, y & z : ainsi, ces deux équations jointes à celles de la projection de la courbe BND sur le plan PAQ, donneront les valeurs de x, y & z, & fixeront par conséquent la position du point d'inflexion plane N.

Problême VIII.

21. *Déterminer les points d'inflexion linéaire d'une courbe à double courbure.* Fig. 4.

Solution.

Soit N un point d'inflexion de la courbe BND, les deux élémens DN, Nδ sont en ligne droite, & partant leurs pro-

jections ſur tous les plans poſſibles, c'eſt-à-dire, que les projections du point N ſur les trois plans coordonnés, ſont des points d'inflexion dans les trois courbes de projection. Soit a la valeur de x correſpondante au point d'inflexion N; il faudra qu'ayant cherché ſucceſſivement les points d'inflexion de la projection ſur le plan des x & y, de celle ſur le plan des x & z, & de celle ſur le plan des y & z, on trouve dans la première & dans la ſeconde, un point d'inflexion correſpondant à la valeur de $x=a$, & dans la troiſième, un point d'inflexion correſpondant à une valeur de y, telle que le point correſpondant de la courbe à double courbure réponde à un $x=a$.

Il faut donc faire dans l'équation en x & y, ddx & $ddy=0$, & dans l'équation en x & z, ddx & $ddz=0$, rejetter les valeurs de x, que ces deux ſuppoſitions ne donnent pas égales dans les deux courbes. Il faut enſuite, dans l'équation en y & z, faire ddy & $ddz=0$, ce qui donnera une ou pluſieurs valeurs de y. Si une de ces valeurs de y eſt telle, que le point correſpondant de la courbe à double courbure réponde à un x qui ait pour valeur une de celles qu'on n'a pas rejetées; ce point de la courbe à double courbure ſera un point d'inflexion linéaire ſimple; on trouveroit, par une méthode abſolument ſemblable, les points d'inflexion multiple.

REMARQUE PREMIÈRE.

22. J'appelle *plan oſculant*, le plan qui paſſe par deux élémens conſécutifs de la courbe à double courbure.

Il eſt aiſé de voir que les valeurs de x, déduites de la ſuppoſition ddx & $ddz=0$, dans l'équation en x & y, & celles déduites de la ſuppoſition ddx & $ddy=0$ dans l'équation en x & z qui ont été rejetées, parce qu'elles n'étoient pas égales de part & d'autre, indiquent les premières, que les points correſpondans de la courbe à double courbure ont leurs plans oſculans perpendiculaires ſur le plan des x & y; les ſecondes, que les points correſpondans de la courbe à double courbure, ont

leurs plans osculans perpendiculaires au plan des x & z : enfin les valeurs de x & z qu'on rejette en second lieu, quoiqu'elles soient égales entr'elles, parce qu'elles correspondent à des valeurs de y, qui ne sont point données par la supposition dxy & $ddz=0$ dans l'équation en y & z, correspondent à des points de la courbe où le plan osculant devient tout-à-la-fois perpendiculaire au plan des x & y, & à celui des x & z.

En général, il est fort utile, pour la connoissance d'une courbe à double courbure, de connoître la position du plan osculant en un quelconque de ses points. Proposons-nous donc ce Problême.

PROBLÊME IX.

23. *Trouver l'inclinaison, sur un des plans coordonnés, du plan osculant, en un point quelconque d'une courbe à double courbure.* *Fig. 8.*

SOLUTION.

Soient Mm, $m\mu$, deux élémens consécutifs d'une courbe à double courbure, dont AP (x), PN (y), MN (z), sont les coordonnées; Nn, $n\nu$ les projections de ces élémens, que je suppose égales [c'est-à-dire, je fais $\sqrt{(dx^2+dy^2)}$ constant $=dr$]. Soient menées les coordonnées des deux points m, μ; ensuite par M, menons Me parallèle à Nn; par m & e, mc & ei parallèles à $n\nu$; le plan Mei est évidemment parallèle au plan PAQ; ainsi, la question se réduit à trouver l'angle que fait ce plan Mei avec le plan osculant $Mm\mu$.

Pour cela, prolongeons les droites $m\mu$, ei, jusqu'à ce qu'elles se rencontrent en ω; la ligne $M\omega$ sera l'intersection des deux plans. Il faut donc calculer l'angle formé par les deux plans $M\omega i$, $M\omega\mu$: pour en venir à bout, je remarque que dans la pyramide $\omega M\mu i$, considérée comme ayant son sommet en ω, l'on connoît, ...

1.° L'angle droit, formé par les deux faces $M\omega i$, $\mu\omega i$.

2.° La face $\mu\omega i$; car $tang\,\mu\omega i = \frac{\mu c}{mc} = \frac{dz+ddz}{dr}$.

3.° La face $M\omega i$; car $\mu c : cm :: me : \omega e = \frac{dr\,dz}{dz+ddz}$; mais, si on prolonge Nn en b, l'angle $Me\omega = bnv = d(qNn)$: or, dr étant constant, $d(qNn) = \frac{ddy}{dx}$: donc $\frac{ddy}{dx}$ est le sinus de l'angle $Me\omega$: de plus, $M\omega$ faisant partie du triangle $M\omega e$, on a, par la nature de tout triangle, ... $M\omega = \sqrt{((Me)^2 + (e\omega)^2 - 2Me \times e\omega \times cos\,Me\omega)} = ...$ $\sqrt{(dr^2 + \frac{dr^2 dz^2}{(dz+ddz)^2} - \frac{2dr^2 dz}{(dz+ddz)})}$, à cause de $cos\,Me\omega = 1$, & enfin $M\omega = \frac{dr\,ddz}{dz+ddz}$; mais $M\omega : Me :: sin\,Me\omega : sin\,M\omega e$: donc $sin\,M\omega e = \frac{ddy \times (dz+ddz)}{dx\,ddz}$: or, si dans un triang. sph. ABC, on connoît AB, AC & A, on a (*Trig. Sphér.*), $tang\,C = \frac{sin\,A}{sin\,AC \times cot\,AB - cos\,AC \times cos\,A}$, qui, si $A = 90°$, devient $= \frac{1}{sin\,AC \times cot\,AB} = \frac{tang\,AB}{sin\,AC}$; &, si on suppose $AB = \mu\omega i$, $AC = M\omega i$, C sera l'angle cherché : donc, appellant i l'inclinaison du plan osculant sur le plan coordonné, on aura $tang\,i = \frac{tang\,\mu\omega i}{sin\,M\omega i}$, ou enfin, en substituant, $tang\,i = \frac{dx\,ddz}{dr\,ddy}$.

Remarque seconde.

24. On voit de quelle utilité sont les surfaces des tangentes, dans la théorie des courbes à double courbure ; elles sont d'ailleurs avec les surfaces coniques & cylindriques, les seules surfaces développables ou composées d'élémens plans d'une dimension finie : elles ont aussi cette propriété commune avec les surfaces cylindriques & coniques, que leur quadrature dépend de l'intégration d'une quantité différentielle du premier ordre à une seule variable, comme nous allons voir.

Problême X.

Fig. 4. 25. *Quarrer la surface des tangentes.*

Solution.

Soit $N\delta h'h$ un de ses élémens, hc une perpendiculaire, abaissée du point h sur le côté $N\delta h'$; le triangle $N\delta h'h$ est

$= Nh'$

$= \mathrm{N}h' \times \frac{1}{2} hc$: ſoit T la tangente $\mathrm{N}h$ [T eſt une fonction algébrique de x]; on aura $ch' = d\mathrm{T}$, & partant .... $ch = \sqrt{(d\pi^2 + d\varphi^2 - d\mathrm{T}^2)}$. La ſurface eſt donc .... $\int \frac{1}{2} \mathrm{T} \sqrt{(d\pi^2 + d\varphi^2 - d\mathrm{T}^2)}$: or, par le moyen des équations H & L, on aura π & φ en x, y & z; &, par les deux équations de la courbe à double courbure, on aura y & z en x : donc, &c.

26. La ſolidité de l'eſpace renfermé entre cette ſurface, le plan PAQ & le cylindre de projection dépend auſſi de l'intégration d'une fonction différentielle du premier ordre à une ſeule variable. *Fig. 4.*

En effet, ce ſolide eſt compoſé d'élémens pyramidaux, tels que $\mathrm{NM}hh'\delta\mathrm{N}$: or la pyramide $\mathrm{NM}hh'\delta\mathrm{N}$ eſt $= \mathrm{MN} \times \frac{1}{3} \mathrm{M}hh'$. Soit $h\mathrm{K}$ une perpendiculaire, abaiſſée du point h ſur le côté $\mathrm{M}h'$; nommons $\mathrm{M}h$ (S), [S ſera une fonction algébrique de x] : on aura $\mathrm{M}hh' = \mathrm{M}h' \times \frac{1}{2} h\mathrm{K}$, & partant la valeur du ſolide ſera $\int \frac{1}{6} z \times \mathrm{S} \times \sqrt{(d\pi^2 + d\varphi^2 - d\mathrm{S}^2)}$.

Je n'inſiſterai pas ſur l'utilité du Problême IX : il ſuffit de dire qu'il peut ſervir à trouver les mêmes affections des courbes à double courbure, pour leſquelles j'ai employé les ſurfaces des tangentes.

PPOBLÊME XI.

27. *Trouver la plus grande ou la moindre ordonnée d'une courbe à double courbure.*

SOLUTION.

Suppoſons qu'on demande le plus grand ou le plus petit z; dans une des deux équations de projection où entre z, cherchez le plus grand ou le plus petit z.

PROBLÊME XII.

28. *Trouver la plus grande ou la plus petite ordonnée d'une ſurface courbe.*

Solution.

Faites x constant, vous aurez une équation en y & z, dans laquelle on trouvera, par la théorie des courbes planes, le plus grand ou le plus petit z, & la valeur de y correspondante à ce *maximum* ou *minimum*; cette valeur de y sera exprimée en constantes & en x. Faites actuellement varier x; l'équation qui donne la valeur de y correspondante au plus grand ou plus petit z, dans chaque section perpendiculaire aux x, deviendra une équation à deux variables x & y, qui sera celle de la projection de tous les points de la surface courbe, qui jouissent du *maximum* ou *minimum* dans chaque section perpendiculaire aux x; & ces points parmi lesquels est celui qui jouit du *maximum* ou *minimum* cherché, forment sur la surface courbe, une courbe à double courbure, dont on a une projection sur le plan des x & y, & dont on trouvera aisément la projection sur le plan des x & z. Or tous les z de la courbe à double courbure étant égaux à ceux de ses projections, la question se réduit à trouver la plus grande ordonnée d'une courbe plane.

PROBLÊME XIII.

Fig. 6. 29. *Trouver la plus grande ordonnée plane d'un solide.*

J'appelle ordonnée plane d'un solide, une des sections faites perpendiculairement à un de ses trois axes.

Solution.

Soit PFM'S une de ces ordonnées, perpendiculaire à l'axe des x; soit $AP = x$, $PQ = y$, $QM' = z$: si je répresente par $\int'$ l'intégrale, prise en regardant comme constante la variable x, cette surface sera évidemment $= \int' y \left(\frac{dz}{dy}\right) \cdot dy$: donc la différentielle de $\int' y \times \left(\frac{dz}{dy}\right) \cdot dy$, prise en faisant varier x, & égalée à zéro, donnera la solution du Problème: la question est donc réduite à ce Problème purement analytique: trouver $d \int' y \times \left(\frac{dz}{dy}\right) \cdot dy$.

Soit donc PFM'S une valeur de $\int' y \times (\frac{dz}{dy}) \cdot dy$, correspondante à un x quelconque; PfN'S' une autre valeur, correspondante à une autre x infiniment peu différent du premier; il est clair que l'espace FM'SS'N'f est la valeur de $d\int' y \times (\frac{dz}{dy}) \cdot dy$: or, si par les points infiniment proches M', m', on mène les ordonnées N'M'Q, $n'm'$Q', on aura [PQ étant $= y$ & QM' $= z$], N'$n'm'$M' $= dy \times (\frac{dz}{dx}) \times dx$, puisqu'il s'en faut infiniment peu que N'n' soit parallèle à M'm': on aura donc FM'SS'N'f, ou bien $d\int' y \times (\frac{dz}{dy}) \cdot dy = \int dy \times (\frac{dz}{dx}) \cdot dx$.

On a donc, pour le cas présent, $\int dy \times (\frac{dz}{dx}) \cdot dx = 0$.

LEMME PREMIER.

30. Une surface plane quelconque, est à sa projection sur un plan quelconque, comme le rayon est au cosinus de l'angle que fait son plan avec celui sur lequel elle est projettée. Cette proposition est démontrée dans plusieurs Auteurs.

LEMME SECOND.

31. Connoissant les angles qu'un plan rapporté à trois plans coordonnés, fait, avec deux de ces plans, trouver celui qu'il fait avec le troisième. *Fig. 3.*

SOLUTION.

Supposons qu'on connoisse les deux angles p & q formés par le plan IKL avec les plans PAQ, PAR, & qu'on veuille connoître le troisième angle r qu'il fait avec le plan RAQ; on cherchera dans la pyramide ILAK, dans laquelle on connoît les deux angles p & q que fait la face LIK, avec les faces voisines, & l'angle droit que font ces deux faces, l'angle AIK; ou, ce qui revient au même, dans le triangle sphérique ABC, où l'on connoît l'angle A $= 90$, l'angle B $= p$, l'angle C $= q$, on cherchera le côté AB, & on trouvera, par les *Form. de Trig. Sphérique*, *cos*AIK $= \frac{\cos q}{\sin p}$: on connoîtra

donc dans la pyramide KLAI, l'angle AKI compris entre deux angles plans, un de 90°, l'autre $=p$, & il faut trouver le troisième angle plan r; ou dans le triangle sphérique, ABC, connoissant $A=90$, $B=p$ & AB, complément de AIK, il faut trouver l'angle $C=r$: or on trouvera, par la trigonométrie sphérique, $cos\ r = cos\ AKI \times sin\ p$; mais $cos\ AKI = sin\ AIK = \sqrt{(1-\frac{cos^2 q}{sin^2 p})} = \frac{\sqrt{(1-cos^2 p - cos^2 q)}}{sin\ p}$: donc enfin $cos\ r = \sqrt{(1-cos^2 p - cos^2 q)}$.

Théorême.

32. *Le quarré d'une surface quelconque plane, rapportée à trois plans coordonnés, est égale à la somme des quarrés de ses projections sur ces trois plans.*

Démonstration.

Soit s la surface; s', s'', s''' ses trois projections; p, q, r, les angles qu'elle fait avec les trois plans coordonnés: on aura (n.° 30), $s^2 cos^2 p = s'^2$, $s^2 cos^2 q = s''^2$, $s^2 cos^2 r = s'''^2$: donc $s'^2 + s''^2 + s'''^2 = s^2 \times (cos^2 p + cos^2 q + cos^2 r)$; mais (n.° 31) $cos^2 p + cos^2 q + cos^2 r = 1$: donc $s^2 = s'^2 + s''^2 + s'''^2$.

Remarque.

33. Ce Théorême, auquel on n'avoit point pensé jusqu'ici, est très-remarquable par son analogie avec celui du quarré de l'hypothénuse; car celui-ci peut s'énoncer sous cette forme. Une droite étant rapportée à deux axes perpendiculaires l'un à l'autre, & situés avec elle dans le même plan, le quarré de cette droite est égal à la somme des quarrés de ses projections sur ces deux axes. Notre Théorême nous donnera aussi la quadrature des surfaces courbes, comme celui de Pythagore donne la rectification des lignes courbes.

Problême XIV.

34. *Quarrer une surface courbe dont on a l'équation.* *Fig. 7.*

Solution.

Soient PFMS, pfNs, deux sections de la surface, perpendiculaires aux x & infiniment proches : soient NMG, nmK, deux autres sections perpendiculaires aux y, & infiniment proches ; la portion NnmM de surface renfermée entre ces quatre plans, peut être regardée comme plane, & il s'en faut infiniment peu que les lignes MN & mn, Mm & Nn ne soient parallèles : cela posé, il est aisé de voir que la projection du quadrilatère MmnN sur le plan des y & z, est ...... $= me \times Ni = dy \times (\frac{dz}{dx}) \cdot dx$; que sa projection, sur le plan des x & z, est $= Mi \times Me = dx \times (\frac{dz}{dy}) \cdot dy$; enfin que sa projection, sur le plan des x & y, est $= dx\,dy$: donc $NnmM = \sqrt{\left(dx^2dy^2 + dx^2 \times ((\frac{dz}{dy}) \cdot dy)^2 + dy^2 \times ((\frac{dz}{dx}) \cdot dx)^2\right)}$: donc la valeur de la zone, comprise entre les deux plans, FMS, fNS′, est .... $\int' \sqrt{\left(dx^2 dy^2 + dx^2 \times ((\frac{dz}{dy}) \cdot dy)^2 + dy^2 \times ((\frac{dz}{dx}) \cdot dx)^2\right)}$; & enfin $\int\int' \sqrt{\left(dx^2 dy^2 + dy^2 \times ((\frac{dz}{dx}) \cdot dx)^2 + dx^2 \times ((\frac{dz}{dy}) \cdot dy)^2\right)}$; sera la valeur d'une portion finie de la surface.

Cette double intégration introduit dans la valeur de la surface, deux constantes dont la détermination dépend des limites de la portion de surface qu'on veut avoir.

Exemple.

35. Soit $xx + yy + zz = aa$ l'équation d'une Sphère ; on aura $(\frac{dz}{dy}) \cdot dy = \frac{-y\,dy}{\sqrt{(aa-xx-yy)}}$ & $(\frac{dz}{dx}) \cdot dx = \frac{-x\,dx}{\sqrt{(aa-xx-yy)}}$; la formule devient donc $\frac{adxdy}{\sqrt{(aa-xx-yy)}}$, qu'il faut intégrer comme si x étoit constant : soit $aa - xx = mm$, il faut trouver $\frac{adx}{m} \int \frac{m\,dy}{\sqrt{(mm-yy)}}$; mais $\int \frac{m\,dy}{\sqrt{(mm-yy)}}$ est un arc de cercle, qui a m pour rayon, & y

pour ſinus, & qui devient par conſéquent nul, quand $y=0$; d'où il ſuit qu'il n'y a pas de conſtante à ajouter; &, ſi on veut avoir la zone entière, juſqu'à $z=0$; c'eſt-à-dire, juſqu'au plan des x & y, l'arc de cercle deviendra un quart de circonférence, ayant pour rayon m, ou $\sqrt{(aa-xx)}$; ainſi, $\frac{adx}{m}\int\frac{mdy}{\sqrt{(mm-yy)}}$, deviendra (en nommant c le rapport de la cironférence au diamètre) $\frac{adx}{m}\times\frac{cm}{2}=\frac{cadx}{2}$. Il faut actuellement intégrer $\frac{cadx}{2}$; ce qui donne $\frac{acx}{2}$ + une conſtante, qui ſera nulle, ſi on calcule la ſurface depuis $x=0$: calculons-la juſqu'à $x=a$, il viendra $\frac{caa}{2}$; &, comme chacun des huit angles ſolides, formés par les trois plans coordonnés autour d'un point A, contient une portion égale de la ſurface, on aura $4caa$ pour la ſurface de la Sphère: or $4caa=4\cdot 2ac\times\frac{a}{2}$: donc la ſurface de la Sphère eſt quadruple de celle de ſon cercle générateur.

Remarque.

36. Non-ſeulement, par notre formule, nous trouvons les portions de ſurface renfermées entre des plans parallèles aux coordonnés, mais encore une portion de ſurface renfermée par une courbe à double courbure quelconque tracée ſur cette ſurface; ce qui eſt le Problême de la quadrature des ſurfaces courbes pris dans ſa plus grande généralité. Soit, en effet, $qQ'\omega$, la projection d'une courbe à double courbure tracée ſur la ſurface, & qu'on veuille avoir la quadrature de la portion de ſurface renfermée par cette courbe: au-lieu d'intégrer la formule juſqu'à la valeur de y donnée, par la ſuppoſition $z=0$, on l'intégrera juſqu'à la valeur de y donnée, par la valeur qu'a z au point M de la courbe à double courbure, qui ſert de limite à la portion de ſurface qu'on ſe propoſe de quarrer.

Exemple.

37. Prenons pour exemple une ſphère, ayant $aa=xx+yy+zz$ pour équation. Suppoſons que ſon centre ſoit celui

d'une ellipſe décrite avec $2a$ & a pour axes; l'axe $2a$ étant couché ſur celui des x, & l'axe a ſur celui des y, le cylindre élevé ſur cette ellipſe rencontrera la ſurface de la ſphère ſuivant une courbe à double courbure, qui renfermera une portion de ſurface qu'il s'agit de quarrer.

J'ai toujours $\int' \frac{adxdy}{\sqrt{(aa-xx-yy)}}$, pour la valeur de .... $\int' \sqrt{\left(a^2x^2dy^2 + a^2x^2\left(\left(\frac{dz}{dy}\right)\cdot dy\right)^2 + dy^2 \times \left(\left(\frac{dz}{dx}\right)\cdot dx\right)^2\right)}$; prenant l'intégrale, depuis $y=0$, cette intégrale s'évanouit, en faiſant $y=0$, auſſi-bien que la ſurface de la zone élémentaire: il n'y a donc point de conſtante à ajouter. Actuellement il faut, dans cette intégrale, mettre, pour y, la valeur que donne la ſuppoſition $z = mQ'$; c'eſt-à-dire, qu'il faut, à y, ſubſtituer PQ': or, par la nature de la courbe $qQ'\omega$, on a .... $PQ'(y) = \frac{1}{2}\sqrt{(aa-xx)}$: il faut donc, dans $\int' \frac{adxdy}{\sqrt{(aa-xx-yy)}}$, ou dans ſa valeur $\frac{adx}{\sqrt{(aa-xx)}}$ multipliée par un arc de cercle ayant y pour ſinus & $\sqrt{(aa-xx)}$ pour rayon, ſubſtituer, à y, ſa valeur $\frac{1}{2}\sqrt{(aa-xx)}$: l'intégrale eſt donc $\frac{adx}{\sqrt{(aa-xx)}}$, multipliée par un arc de cercle dont le rayon eſt $\sqrt{(aa-xx)}$, & le ſinus $\frac{1}{2}\sqrt{(aa-xx)}$. Soit $m:n$ le rapport d'un arc de cercle, qui a pour ſinus la moitié du rayon, à ſon rayon; notre intégrale deviendra $\frac{adx}{(aa-xx)} \times \frac{m}{n}\sqrt{(aa-xx)} = \frac{m}{n}adx$, dont l'intégrale eſt $\frac{max}{n}$. Je n'ajoute point de conſtante, parce que je calcule la ſurface depuis l'origine des x. Reſte à ſavoir juſqu'où il faut prendre cette valeur $\frac{m}{n}ax$, pour avoir toute la portion ſphérique contenue dans l'angle ſolide APER, & limitée par la courbe à double courbure: or il faut, pour cela, donner à x la plus grande valeur qu'il puiſſe avoir dans l'équation $y = \frac{1}{2}\sqrt{(aa-xx)}$ de la courbe $qQ'\omega$ de projection; cette plus grande valeur eſt a: donc $\frac{m}{n}aa$, ou plutôt $8\frac{m}{n}aa$ [Si on veut avoir les huit portions égales de ſurface renfermées dans les huit angles ſolides] eſt la valeur de la ſurface cherchée.

L'expreſſion différentielle de l'élément d'une ſurface courbe, trouvée (N.° 34), eſt de la plus grande utilité dans la ſolution

de plusieurs des Problèmes de mécanique sur les surfaces courbes.

Problème XV.

38. *Trouver le centre de gravité d'une surface courbe.*

Solution.

Les momens d'un élément quelconque $\mathrm{M}mn\mathrm{N}$, par rapport aux trois plans coordonnés, sont $\mathrm{M}mn\mathrm{N}\times z$, $\mathrm{M}mn\mathrm{N}\times y$, $\mathrm{M}mn\mathrm{N}\times x$; les trois distances du centre de gravité de la surface aux trois plans coordonnés sont donc ....

$$\frac{\int\int' z\sqrt{\left(dx^2dy^2+dx^2\times\left(\left(\frac{dz}{dy}\right)\cdot dy\right)^2+dy^2\times\left(\left(\frac{dz}{dx}\right)\cdot dx\right)^2\right)}}{\int\int'\sqrt{\left(dx^2dy^2+dx^2\times\left(\left(\frac{dz}{dy}\right)\cdot dy\right)^2+dy^2\times\left(\left(\frac{dz}{dx}\right)\cdot dx\right)^2\right)}},$$

pour le plan des x & y; ....

$$\frac{\int\int' y\sqrt{\left(dx^2dy^2+dx^2\times\left(\left(\frac{dz}{dy}\right)\cdot dy\right)^2+dy^2\times\left(\left(\frac{dz}{dx}\right)\cdot dx\right)^2\right)}}{\int\int'\sqrt{\left(dx^2dy^2+dx^2\times\left(\left(\frac{dz}{dy}\right)\cdot dy\right)^2+dy^2\times\left(\left(\frac{dz}{dx}\right)\cdot dx\right)^2\right)}},$$

pour le plan des x & z; ....

$$\frac{\int\int' x\sqrt{\left(dx^2dy^2+dx^2\times\left(\left(\frac{dz}{dy}\right)\cdot dy\right)^2+dy^2\times\left(\left(\frac{dz}{dx}\right)\cdot dx\right)^2\right)}}{\int\int'\sqrt{\left(dx^2dy^2+dx^2\times\left(\left(\frac{dz}{dy}\right)\cdot dy\right)^2+dy^2\times\left(\left(\frac{dz}{dx}\right)\cdot dx\right)^2\right)}},$$

pour le plan des y & z.

Lemme premier.

39. i étant un angle, i' sa projection, p & q les angles formés par ses côtés avec le plan de projection, on a ....
$\cos i = \cos i' \times \cos p \times \cos q + \sin p \times \sin q$.

Lemme second.

Fig. 1. 40. Trouver l'angle que le plan tangent en un point d'une surface courbe fait avec un des trois plans coordonnés.

Solution.

SOLUTION.

Cherchons l'angle que le plan tangent en M fait avec le plan PAE des x & y. On peut regarder le point T comme le ſommet d'une pyramide, dans laquelle on connoît l'angle MTQ, l'angle QTt, & l'angle plan compris entre ces deux faces, qui eſt $= 90^\circ$, & où l'on cherche l'angle plan compris entre les faces QTt & MTt : or, dans un triangle ſphérique ABC, connoiſſant l'angle $B = 90^\circ$, & les côtés $BC = QTt$, $AB = QTM$, par les formules de *Trig. Sphér.* on trouve $tang\, C = \frac{1}{cos\, QTM \times sin\, QTt}$: or, 1.° $cot.\, QTM = cot\, emM = \frac{dy}{\left(\frac{dz}{dy}\right) dy}$: 2.° $sin\, QTt$, ou $cos\, \beta t Q$, eſt, par le n.° 10, ...

$$= \frac{dx \times \left(\frac{dz}{dy}\right) \cdot dy}{\sqrt{\left(dy^2 \times \left(\left(\frac{dz}{dx}\right) dx\right)^2 + dx^2 \times \left(\left(\frac{dz}{dy}\right) dy\right)^2\right)}}; \text{ donc } \ldots\ldots\ldots$$

$$tang\, C = \frac{\sqrt{\left(dx^2 \times \left(\left(\frac{dz}{dy}\right) dy\right)^2 + dy^2 \times \left(\left(\frac{dz}{dx}\right) dx\right)^2\right)}}{dx\, dy}.$$

PROBLÊME XVI.

41. *Déterminer la réſiſtance qu'une ſurface quelconque, mue dans un fluide, éprouve de la part de ce fluide.* *FIG. 1.*

SOLUTION.

Par l'origine A des coordonnées de la ſurface, menons la droite Aφ, qui ſoit la direction du mouvement de la ſurface; ſoit AC ſa projection, je nomme m l'angle CAP, n l'angle CAφ, V la vîteſſe du corps, D la denſité du fluide, dt l'inſtant dans lequel je conſidère le mouvement. On ſait que $SDV^2 dt\, sin^2 i$, eſt la réſiſtance qu'éprouve dans l'inſtant dt, une ſurface S mue dans un fluide d'une denſité D avec une vîteſſe V, eſt ſous un angle d'incidence $= i$: on ſait auſſi que S' étant la projection de S ſur un plan quelconque, $S'DV^2 dt\, sin^2 i$

est l'effort qui résulte de cette résistance dans un sens perpendiculaire au plan de projection.

Cela posé, faisant abstraction du facteur constant $DV^2 dt$, & appellant S l'élément $MmnN$ de la surface, l'impulsion sur cet élément sera ....

$$S \times \sin^2 i = \sin^2 i \times \sqrt{dx^2 dy^2 + dx^2 \times \left(\left(\frac{dz}{dy}\right) \cdot dy\right)^2 + dy^2 \times \left(\left(\frac{dz}{dx}\right) dx\right)^2},$$

& les efforts qui en résultent à la surface, perpendiculairement aux trois plans coordonnés, seront $dx\,dy \sin^2 i$, ... $dx \times \left(\frac{dz}{dy}\right) \cdot dy \times \sin^2 i$, $dy \times \left(\frac{dz}{dx}\right) \cdot dx \times \sin^2 i$: il s'agit donc de déterminer $\sin i$; c'est-à-dire, le sinus d'incidence sur le plan tangent en un point M quelconque de la surface, ou, ce qui revient au même, l'angle que fait la droite $A\varphi$ avec le plan MTt, tangent en M à la surface.

Pour cela, de A sur le plan tangent, soit abaissée la perpendiculaire $A\Psi$, le plan $\varphi A\Psi$ coupera le plan tangent suivant une droite $\varphi\Psi$, qui fera avec $A\varphi$ prolongée, un angle $\Sigma\varphi\Psi$, dont le supplément $A\varphi\Psi$ est l'angle cherché i. Il s'agit donc dans le triangle $\varphi A\Psi$ rectangle en Ψ de trouver l'angle $A\varphi\Psi$ ou son complément $\varphi A\Psi$: pour cela, par $A\varphi$ & $A\Psi$, imaginons deux plans perpendiculaires sur le plan PAE, & qui le coupent, l'un en AC, l'autre en $A\Delta$: 1.° l'angle φAC sera $= n$: 2.° $A\Psi$ est perpendiculaire sur $\Psi\Delta$; par conséquent $\Psi A\Delta$ est complément de $A\Delta\Psi$; mais $A\Delta\Psi$ est l'angle formé par le plan tangent en M avec le plan PAE, & l'on a par le Lemme second, $\tan A\Delta\Psi$, ou ....

$$\cot \Psi A\Delta = \frac{\sqrt{dx^2 \times \left(\left(\frac{dz}{dy}\right) \cdot dy\right)^2 + dy^2 \times \left(\left(\frac{dz}{dx}\right) dx\right)^2}}{dx\,dy}$$: 2.° on connoît l'angle $PAC = m$, & l'angle $PA\Delta = 90° + AB\Delta$: on aura donc une expression de l'angle $CA\Delta = 90° + AB\Delta - m$; mais, par le Lemme premier, on a $\cos \varphi A\Psi$, ou $\sin A\varphi\Psi$ $= \sin i = \sin \varphi AC \times \sin \Psi A\Delta + \cos CA\Delta \times \cos \varphi AC \times \cos \Psi A\Delta$: or $\cos CA\Delta$, ou $\cos(90° + AB\Delta - m) =$ .... $\sin m \times \cos AB\Delta - \cos m \times \sin AB\Delta =$ ....

$$\frac{\sin m \times dx\,(\frac{dz}{dy})\cdot dy - \cos m \times dy \times (\frac{dz}{dx})\,dx}{\sqrt{dx^2\,((\frac{dz}{dy})\cdot dy)^2 + dy^2 \times ((\frac{dz}{dx})\,dx)^2}}$$, par le n.° 10.

Reste donc à trouver, dans la valeur de *sin i*, une expression de *cos* $\Psi A\Delta$ & *sin* $\Psi A\Delta$: or $\sin = \frac{1}{\sqrt{(1+\cot)}}$ & $\cos = \frac{\cot}{\sqrt{(1+\cot)}}$: donc *sin* $\Psi A\Delta$ est [en mettant, pour *cot* $\Psi A\Delta$, sa valeur trouvée plus haut] = ...

$$\frac{dx\,dy}{\sqrt{dx\,dy} \times \sqrt{dx\,dy + \sqrt{dx^2 \times ((\frac{dz}{dy})\,dy)^2 + dy^2 \times ((\frac{dz}{dx})\,dx)^2}}}$$

& *cos* $\Psi A\Delta$ = ...

$$\frac{\sqrt{dx^2 \times ((\frac{dz}{dy})\,dy)^2 + dy^2 \times ((\frac{dz}{dx})\,dx)^2}}{\sqrt{dx\,dy} \times \sqrt{dx\,dy + \sqrt{dx^2 \times ((\frac{dz}{dy})\,dy)^2 + dy^2 \times ((\frac{dz}{dx})\,dx)^2}}};$$

Substituant ces valeurs dans celle de *sin i*, on trouvera, en se rappellant que l'angle $\varphi AC = n$, $\sin i =$ ....

$$\frac{\cos n \times (dx \times (\frac{dz}{dy})\,dy \times \sin m - dy \times (\frac{dz}{dx})\,dx \cos m) + dx\,dy \sin n}{\sqrt{dx\,dy} \times \sqrt{dx\,dy + \sqrt{dx^2 \times ((\frac{dz}{dy})\,dy)^2 + dy^2 \times ((\frac{dz}{dx})\,dx)^2}}}.$$

L'impulsion du fluide sur la surface N*nm*M, lui communique donc une quantité de mouvement, qui se décompose en trois autres perpendiculaires aux trois plans coordonnés, & représentées par ....

$$DV^2 dt \times \frac{(\cos n \times (dx \times (\frac{dz}{dy})\,dy \times \sin m - dy \times (\frac{dz}{dx})\,dx \times \cos m) + dx\,dy \times \sin n)^2}{dx\,dy + \sqrt{dx^2 \times ((\frac{dz}{dy})\,dy)^2 + dy^2 \times ((\frac{dz}{dx})\,dx)^2}},$$

$$DV^2 dt \times \frac{(\frac{dz}{dx})\,dx}{dy} \times \frac{(\cos n \times (dx\,(\frac{dz}{dy})\,dy \times \sin m - dy \times (\frac{dz}{dx})\,dx \times \cos m) + dx\,dy \times \sin n)^2}{dx\,dy + \sqrt{dx^2 \times ((\frac{dz}{dy})\,dy)^2 + dy^2 \times ((\frac{dz}{dx})\,dx)^2}},$$

$$DV^2 dt \times \frac{(\frac{dz}{dy})\,dy}{dx} \times \frac{(\cos n \times (dx \times (\frac{dz}{dy})\,dy \times \sin m - dy \times (\frac{dz}{dx})\,dx \times \cos m) + dx\,dy \times \sin n)^2}{dx\,dy + \sqrt{dx^2 \times ((\frac{dz}{dy})\,dy)^2 + dy^2 \times ((\frac{dz}{dx})\,dx)^2}}.$$

Intégrant ces trois quantités sans faire varier x, on aura les expressions des trois efforts qui résultent à la surface perpen-

diculairement aux trois plans coordonnés de l'impulsion du fluide sur une zone de cette surface comprise entre deux plans infiniment proches & perpendiculaires à l'axe AP des x; intégrant une seconde fois, en faisant varier x, on aura les expressions des efforts que le fluide exerce sur une portion finie de la surface perpendiculairement aux trois plans coordonnés: ces expressions seront ....

$$DV^2 dt \times \int\int' \frac{\left(\cos n \times \left(dx\left(\frac{dz}{dy}\right) dy \sin m - dy\left(\frac{dz}{dx}\right) dx \cos m\right) + \sin n \times dxdy\right)^2}{dxdy + \sqrt{dx^2 \times \left(\left(\frac{dz}{dy}\right) dy\right)^2 + dy^2 \times \left(\left(\frac{dz}{dx}\right) dx\right)^2}},$$

$$DV^2 dt \times \int\int' \frac{\left(\frac{dz}{dx}\right) dx}{dy} \times \frac{\left(\cos n \times \left(dx\left(\frac{dz}{dy}\right) dy \sin m - dy\left(\frac{dz}{dx}\right) dx \cos m\right) + dxdy \sin n\right)^2}{dxdy + \sqrt{dx^2 \times \left(\left(\frac{dz}{dy}\right) dy\right)^2 + dy^2 \times \left(\left(\frac{dz}{dx}\right) dx\right)^2}},$$

$$DV^2 dt \times \int\int' \frac{\left(\frac{dz}{dy}\right) dy}{dx} \times \frac{\left(\cos n \times \left(dx\left(\frac{dz}{dy}\right) dy \sin m - dy\left(\frac{dz}{dx}\right) dx \cos m\right) + dxdy \sin n\right)^2}{dxdy + \sqrt{dx^2 \times \left(\left(\frac{dz}{dy}\right) dy\right)^2 + dy^2 \times \left(\left(\frac{dz}{dx}\right) dx\right)^2}}.$$

42. Imaginons un cylindre tangent à la surface & dont les arêtes soient parallèles à la direction Az du mouvement, il touchera la surface, suivant une courbe à double courbure, qu'on déterminera, comme il a été dit (N.° 10.), & cette courbe sera la limite dans laquelle il faudra renfermer l'intégrale, puisqu'il n'y a évidemment que la portion de surface renfermée par cette courbe, qui soit exposée au choc du fluide. C'est par cette condition qu'on déterminera les deux constantes que la double intégration introduit dans la valeur de la résistance.

On voit encore aisément, que le N.° 41 donne la résistance qu'éprouve une surface dans un fluide, soit que cette surface soit unique & indefinie, soit qu'elle soit composée d'un nombre fini de surfaces géométriques adaptées les unes aux autres; seulement dans ce dernier cas, il faut traiter chaque surface particulière en particulier, & prendre pour limite des intégrales, la courbe qui termine chaque surface particulière, au cas toutefois que cette surface soit toute entière exposée au choc du fluide.

43. Il ne ſuffit pas d'avoir les intenſités des efforts dont ſe trouve animée la ſurface perpendiculairement aux trois plans coordonnés, il faut encore avoir les directions réelles de ces efforts, pour pouvoir calculer le mouvement de rotation qui en réſulte à la ſurface.

Soit P, l'effort perpendiculaire au plan des x & y, on aura ſa direction, ſi on connoît ſes diſtances aux deux autres plans : or, par la théorie des forces parallèles, on aura la diſtance à un des deux plans, en diviſant la ſomme des momens de chaque effort partiel pris par rapport à un de ces deux plans par la ſomme des efforts partiels : ces deux diſtances ſeront donc

$$\frac{\int\!\!\int' \frac{x \times \left(\cos n \times \left(dx \left(\frac{dz}{dy}\right) dy \sin m - dy \left(\frac{dz}{dx}\right) dx \cos m\right) + dxdy \sin n\right)^2}{dxdy + \sqrt{dx^2 \left(\left(\frac{dz}{dy}\right) dy\right)^2 + dy^2 \left(\left(\frac{dz}{dx}\right) dx\right)^2}}}{\int\!\!\int' \frac{\left(\cos n \times dx \left(\left(\frac{dz}{dy}\right) dy \sin m - dy \left(\frac{dz}{dx}\right) dx \cos m\right) + dxdy \sin n\right)^2}{dxdy + \sqrt{dx^2 \left(\left(\frac{dz}{dy}\right) dy\right)^2 + dy^2 \left(\left(\frac{dz}{dx}\right) dx\right)^2}}}$$

$$\& \quad \frac{\int\!\!\int' \frac{y \times \left(\cos n \times \left(dx \left(\frac{dz}{dy}\right) dy \sin m - dy \left(\frac{dz}{dx}\right) \cos m\right) + dxdy \sin n\right)^2}{dxdy + \sqrt{dx^2 \times \left(\left(\frac{dz}{dy}\right) dy\right)^2 + dy^2 \times \left(\left(\frac{dz}{dx}\right) dx\right)^2}}}{\int\!\!\int' \frac{\left(\cos n \times \left(dx \left(\frac{dz}{dy}\right) dy \sin m - dy \left(\frac{dz}{dx}\right) \cos m\right) + dxdy \sin n\right)^2}{dxdy + \sqrt{dx^2 \times \left(\left(\frac{dz}{dy}\right) dy\right)^2 + dy^2 \times \left(\left(\frac{dz}{dx}\right) dx\right)^2}}}.$$

On trouveroit de même les directions des deux autres efforts.

REMARQUE.

44. Le Lemme que nous avons ſuppoſé, N.° 30, donne le rapport d'une ſection de priſme droit à ſa baſe ; mais il n'eſt qu'un cas particulier d'une propoſition beaucoup plus générale, que voici avec ſa démonſtration.

THÉORÊME.

45. *Les deux baſes d'un priſme oblique quelconque, ſont réciproquement proportionnelles au ſinus des angles qu'elles font avec les arêtes du priſme.* FIG. 7.

Démonstration.

Soit ABCDKG, un prisme triangulaire quelconque, on sait qu'il est égal au produit d'une de ses bases par le tiers de la somme des perpendiculaires abaissées des angles de l'autre base. Soit CP, une de ces perpendiculaires, l'angle CKP sera celui que chaque arète fait avec la base DKG; soit m cet angle, a la somme des arêtes, p la somme des perpendiculaires abaissées sur DKG; le triangle CPK, donne .... CP : KC :: $\sin m$: 1, & comme chaque arête est à sa perpendiculaire dans le même rapport, on a $p : a :: \sin m : 1$, & partant $p = a \sin m$, on aura aussi $p' = a \sin n$, (p' étant la somme des perpendiculaires abaissées sur ACB, & n l'angle que sont les arêtes avec ce plan ABC); mais le tronc est $= KDG \times \frac{1}{3}p$, il est aussi $= ABC \times \frac{1}{3}p'$; donc .... $DKG \times \frac{1}{3}p = ABC \times \frac{1}{3}p'$; donc $DKG \times a \sin m = ABC \times a \sin n$, donc DGK : ABC :: $\sin n : \sin m$: d'où on conclura aisément, pour un prisme à bases quelconques, que ses deux bases sont réciproquement comme les sinus des angles qu'elles font avec les arêtes.

Corollaire.

46. Cette même proposition donne le moyen de déterminer sur un cone droit tous les espaces qui sont quarrables géométriquement.

En effet, on en déduira aisément, qu'une portion quelconque de surface de cone droit est à sa projection sur la base, comme l'apothême est au rayon; d'où il suit, qu'ayant décrit sur la base d'un cone droit une courbe quelconque quarrable, le cylindre élevé dessus cette courbe, renfermera une portion de surface conique aussi quarrable.

Problême XVII.

Fig. 1. 47. *Cuber un solide dont on a l'équation.*

Solution.

Soit PFMS, pfNS′ deux sections infiniment proches, faites perpendiculairement à l'axe AP des x, une de ces sections (n.° 29) est $\int' y\,(\frac{dz}{dy})\,dy$; la valeur de la tranche comprise entre ces deux sections est donc $dx\int' y\,(\frac{dz}{dy})\,dy$; & partant la valeur du solide est $\int dx\int' y\,(\frac{dz}{dy})\,dy$: quant aux deux constantes qu'introduit cette double intégration dans la valeur du solide, on les déterminera, comme nous allons voir, par les limites de la partie du solide qu'on se propose d'avoir.

Exemple.

48. Cherchons le solide qui a pour équation .... $x^2+y^2+\frac{bb}{aa}zz=bb$; cette équation est celle d'un ellipsoïde alongé ou applati, ayant $2a$ pour axe de révolution: on a $(\frac{dz}{dy})\,dy=\frac{a}{b}\times\frac{-y\,dy}{\sqrt{(bb-xx-yy)}}$: donc, faisant $bb-xx=mm$, on aura $\int' y\,(\frac{dz}{dy})\,dy=\frac{a}{b}\int'\frac{-y^2\,dy}{\sqrt{(mm-yy)}}$: or $\frac{-y^2\,dy}{\sqrt{(mm-yy)}}$ est l'élément d'un demi-segment de cercle, ayant m pour rayon, y pour sinus: donc $\int' y\,(\frac{dz}{dy})\,dy=\frac{a}{b}\times$ ce demi-segment + une constante C: pour déterminer C, supposons qu'on veuille avoir tout le solide renfermé entre les deux plans PAE, PAR, & partant toute la surface PFMS; alors, faisant $y=0$, je remarque que la surface que je veux avoir, ou $\int' y\,(\frac{dz}{dy})\,dy=0$: donc $\frac{a}{b}\times$ le demi-segment $+\,C=0$: donc $C=0$, puisque le demi-segment devient nul, en faisant $y=0$; &, puisque je veux avoir toute la surface PFMS, il faut faire $z=0$; ce qui donne $y=\sqrt{(bb-xx)}$: je dois donc, dans la valeur de $\int' y\,(\frac{dz}{dy})\,dy$, mettre, pour y, cette valeur; alors $\int' y\,(\frac{dz}{dy})\,dy$ devient $=\frac{a}{b}\times\frac{1}{4}$ du cercle, qui a $\sqrt{(bb-xx)}$ pour rayon: donc, si $c:1$ exprime le rapport de la circonférence au diamètre, $\int' y\,(\frac{dz}{dy})\,dy$ devient $\frac{a}{b}\times\frac{c}{4}\times(bb-xx)$: il s'agit donc actuellement d'intégrer $\frac{a}{b}\times\frac{c}{4}\times(bb-xx)\,dx$; ce qui donne $\frac{ac}{4b}\times(bbx-\frac{x^3}{3})+C'$:

ſi on calcule le ſolide depuis l'origine des x, il eſt évident que, faiſant $x=0$, le ſolide devient $=0$: donc $C'=0$. Suppoſons qu'on veuille avoir la partie du ſolide compriſe entre l'origine des x & un plan mené perpendiculairement aux x, à une diſtance b de l'origine, la formule devient $\frac{ac}{4l}\times\frac{2}{3}b^3=\frac{acb}{6}$; &, comme chacun des huit angles ſolides, formés par les plans coordonnés, contient une partie égale de ce ſolide, l'ellipſoïde entier eſt $=\frac{8acb}{6}=2cb\times\frac{1}{2}\times 2a\times\frac{2}{3}$: donc un ellipſoïde alongé ou applati, eſt égal aux deux tiers du cylindre circonſcrit.

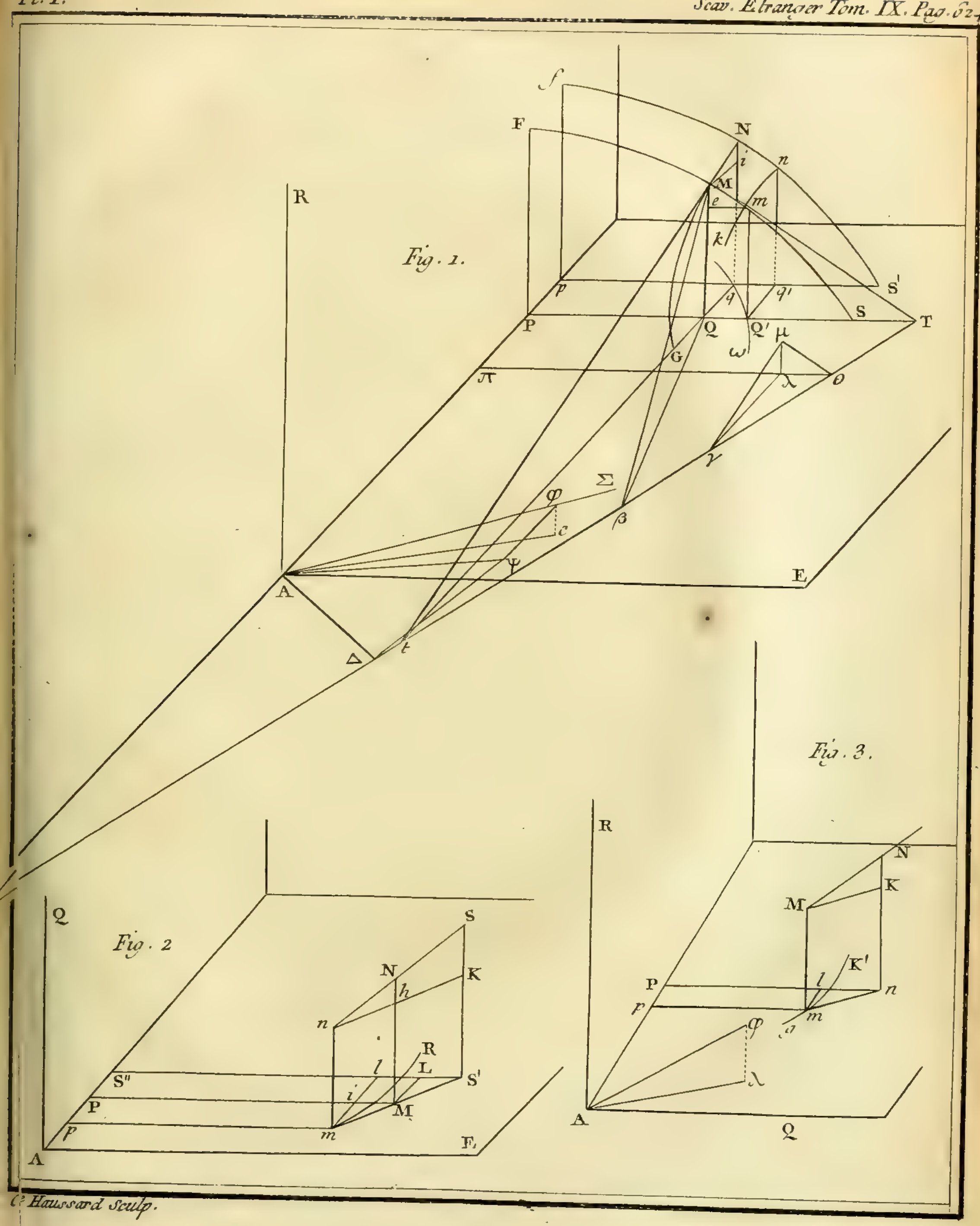
Remarque.

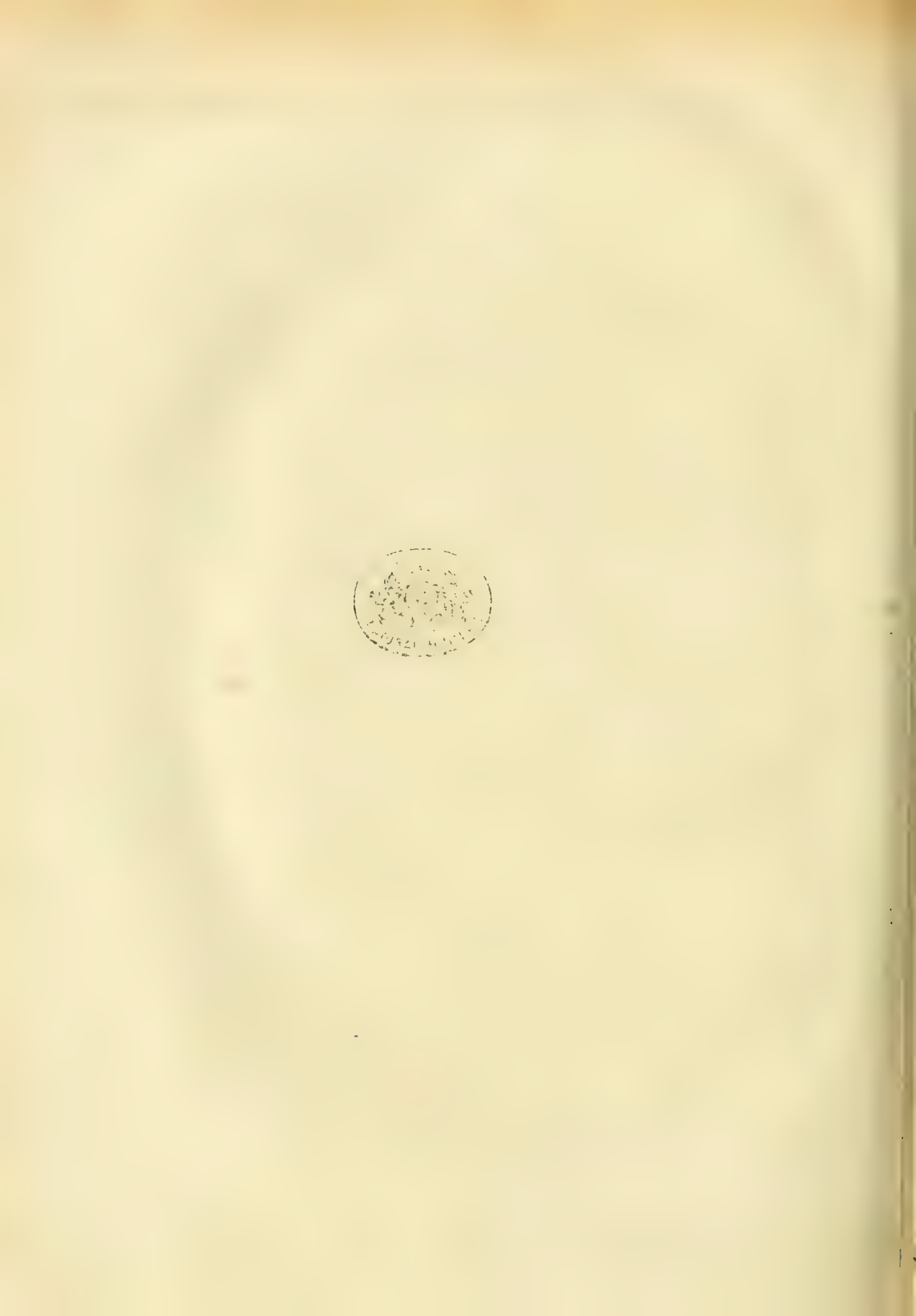
49. Dans ce cas-ci, nous ſavions que le ſolide ne s'étendoit pas, dans le ſens des x, au-delà de la quantité b: ſi nous l'avions ignoré, nous aurions pu chercher une partie du ſolide correſpondante à une $x=b+e$; le réſultat que nous aurions trouvé, $\frac{ac}{4}\times\frac{2b^3-e^3-3be^2}{3}$ étant moindre que $\frac{acb^3}{3}$, trouvé en faiſant $x=b$, indique une contradiction, puiſque, ſi le ſolide s'étend juſqu'à $x=b+e$, la partie de ce ſolide, correſpondante à $x=b+e$ doit être plus grande que la partie du même ſolide correſpondante à $x=b$. C'eſt cette contradiction même qui nous apprend que le ſolide ne s'étend pas juſqu'à une valeur de $x=b+e$.

Il faut donc toujours chercher les limites du ſolide dans le ſens des trois axes, pour n'être pas expoſé à ſe tromper ſur ſa vraie valeur.



SUR


Fig. 1.
Fig. 2
Fig. 3.
C. Haussard Sculp.



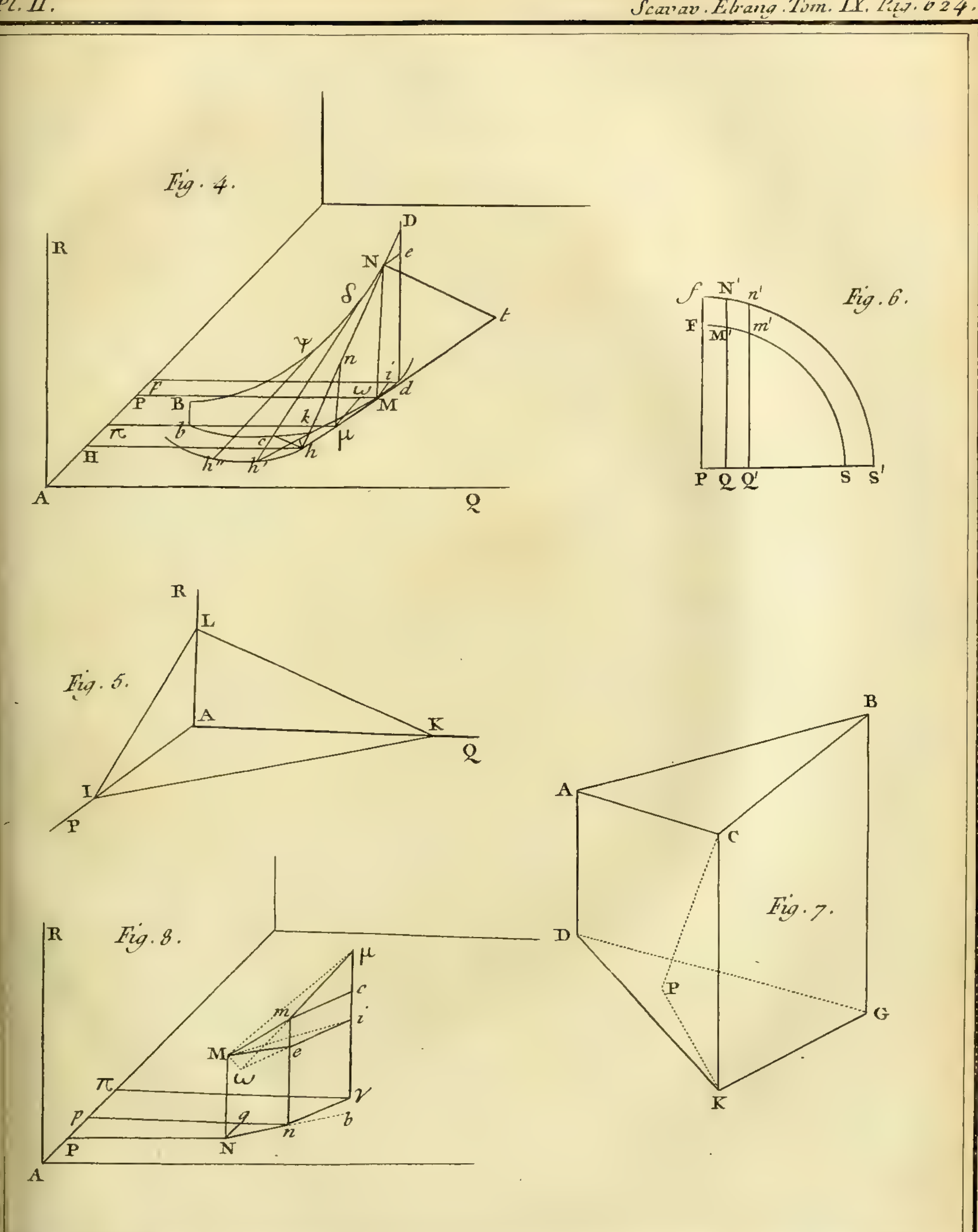


Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 7.
Fig. 8.





SUR QUELQUES PROPRIÉTÉS DES SOLIDES

RENFERMÉS PAR DES SURFACES COMPOSÉES DE LIGNES DROITES

Par M. TINSEAU,

Correfpondant de l'Académie, Officier au Corps Royal du Génie.

PARMI l'infinité de claffes de furfaces que peut confidérer la Géométrie, il en eft une qui mérite une attention particulière: ce font celles qui font compofées de lignes droites, ou, pour parler plus rigoureufement, dans lefquelles on peut mener des droites, fuivant certaines directions. Un grand Géomètre, que fes Ouvrages louent bien mieux que je ne pourrois faire, M. Monge a donné, fur cette matière, des Mémoires adoptés avec empreffement par l'Académie; mais, ne s'étant point occupé de la cubature des folides qu'elles renferment, ni de plufieurs propriétés que j'y ai remarquées, je me propofe ici de donner quelques propofitions nouvelles fur ce fujet.

1.° En général, fi l'on affujétit une droite mobile à toucher, ou plutôt enfiler toujours trois courbes exiftantes dans différens plans, on aura une furface compofée de droites, & en faifant varier, comme il convient, ces trois courbes, on aura toutes les furfaces poffibles compofées de lignes droites. On peut nommer, en général *furfaces gauches*, ces furfaces, qui, dans différens cas particuliers, deviennent des furfaces connues, coniques, cylindriques, furfaces de tangentes ou à arêtes de rebrouffement, &c.

2. Si l'on ne prend que deux courbes, pour les faire enfiler successivement dans tous leurs points par une même droite mobile, la surface n'est plus déterminée, il faut encore une condition ou loi à laquelle soit assujéti le mouvement de cette droite.

Fig. 1. 3. Imaginons donc un plan ACQ que, pour faciliter le discours, je suppose horizontal, une droite AB, que je nomme l'*axe*, inclinée comme l'on voudra à ce plan, & une courbe quelconque DEQ, située hors du plan horizontal, que je nomme *la directrice*; concevons ensuite une droite mobile AQ, qui, demeurant toujours parallèle à l'horizon, passe successivement par les points correspondans de l'axe & de la directrice, on aura une classe particulière de surfaces gauches, connues dans l'Architecture sous le nom de *conoïdes*. Cette classe se subdivisera en espèces, suivant que variera la courbe qui sert de directrice dans sa formation. Si l'axe est perpendiculaire à l'horizon, on peut l'appeller *conoïde droit* & *conoïde oblique* dans les autres cas. Toute surface de cette espèce est évidemment infinie & partagée par son axe en deux parties égales, comme un cone l'est par son sommet.

4. Soit coupé un conoïde par un plan parallèle à son axe, & supposons que DEQ, soit la section ; considérons le solide compris entre le plan horizontal ACQ, le plan de la base CDEQ, la surface du conoïde & un plan quelconque ABDC mené par l'axe, & un point quelconque D de la base : il a des propriétés qui méritent d'être remarquées par leur analogie avec celles du prisme & de la pyramide.

Théorême premier.

Les aires des sections CDEQ, PdNq, *parallèles entr'elles & à l'axe, sont proportionnelles à leurs distances de cet axe.*

Démonstration.

Imaginons une infinité de plans horizontaux infiniment pro-

ches, qui couperont le ſolide ſuivant des triangles, & les deux ſections CDEQ, PdNq, ſuivant des parallèles: ces plans diviſeront les deux ſections en un même nombre de petits parallélogrammes de même hauteur deux à deux, tels que EefF, NngG, &c. donc EefF : NngG :: Ee : Nn :: BD : Bd, comme les diſtances des deux ſections à l'axe: donc la ſomme des aires EefF & la ſomme des aires NngG, c'eſt-à-dire, les aires des ſections CDEQ & PdNq ſont proportionnelles à leur diſtance à l'axe.

THÉORÊME II.

Le ſolide ABDCQCA *eſt égal au produit de ſa baſe* CDEQ, *par la moitié de ſa hauteur perpendiculaire.*

DÉMONSTRATION.

On peut le regarder comme composé d'une infinité de tranches, compriſes entre des ſections parallèles à la baſe: ſoit PdNq une de ces ſections, x ſa diſtance perpendiculaire à l'axe, B la baſe, h la hauteur du conoïde, dx l'épaiſſeur de la tranche qui a PdNq pour baſe, cette tranche ſera *(Théor. I.)* $\frac{Bx}{h} \times dx$: le ſolide eſt donc $\int(\frac{Bxdx}{h}) = \frac{Bx^2}{2h}$ (la conſtante eſt nulle en calculant le ſolide depuis l'axe): faiſant $x = h$, $\frac{Bh}{2}$ ſera la valeur du ſolide entier.

On tirera aiſément de-là la ſolidité d'un tronc de conoïde terminé par des baſes parallèles entr'elles & à l'axe.

Ce même Théorême auroit pu ſe déduire de ce que les tranches, en leur ſuppoſant même épaiſſeur, croiſſent comme les ordonnées d'un triangle.

THÉORÊME III.

Le centre de gravité d'un conoïde eſt aux tiers, à compter depuis l'axe, de la ligne horizontale oω *menée du centre de gravité* o *de la baſe à l'axe.*

DÉMONSTRATION.

Pour le démontrer, je vais d'abord faire voir, que cette ligne o ω passe par les centres de gravité de toutes les sections parallèles à la base : en effet, la distance du centre de gravité de la section PdNq au plan horizontal (prise parallélement à l'axe AB) est. . . . . :

$$\frac{\int NGgn \times MN}{\int NGgn} = \frac{\int \frac{x}{h} \times EFfe \times EH}{\int \frac{x}{h} \times EFfe} = \frac{\int EFfe \times EH}{\int EFfe};$$ c'est-à-dire,

la même que celle du centre de la base ; donc le plan horizontal mené par le centre de gravité o de la base, contient les centres de toutes les sections parallèles à cette base.

La distance du centre de gravité de la section PdNq au plan ABDC (prise parallélement à la droite CQ) est $=$

$$\frac{\int NGgn \times \frac{Nn}{2}}{\int NGgn} = \frac{\int \frac{x}{h} \times EFfe \times \frac{Fe}{2} \times \frac{x}{h}}{\int \frac{x}{h} \times EFfe} = \frac{x}{h} \times \frac{\int EFfe \times \frac{Ee}{2}}{\int EFfe};$$ c'est-à-

dire, qu'elle est à la distance du centre de gravité o de la base comme $x : h$: ce centre est donc dans le plan mené par l'axe & le centre de gravitó de la base : donc l'intersection de ces deux plans, c'est-à-dire, la ligne horizontale $o\,\omega$ menée du centre de gravité de la base à l'axe, contient les centres de toutes les sections parallèles à la base, & par conséquent de toutes les tranches que terminent les sections & par conséquent enfin du conoïde.

Il ne reste donc plus qu'à trouver la position de ce centre sur la ligne $o\,\omega$. Or une tranche quelconque parallèle à la base est *(Théor. I.)* $= \frac{Bxdx}{h}$ & son moment par rapport au point ω, $\frac{Bxdx}{b} \times o'\omega$; mais $\omega o' : x :: \omega o : h$: ce moment est donc $\frac{Bx^2dx}{b^2} \times \omega o$, donc $\frac{\int \frac{Bx^2dx}{b^2} \times \omega o}{\int \frac{Bxdx}{h}}$ est la distance du centre de gravité du solide au point ω, ou ayant égard à ce que la conf-

tante eſt nulle ſi on calcule le ſolide depuis l'axe, ... $\frac{\left(\frac{Bx^3 \times \omega o}{3b^2}\right)}{\left(\frac{Bx^2}{2b}\right)} = \frac{2}{3}\,\omega\, o \times \frac{x}{b} = \frac{2}{3}\,\omega\, o'$. Cela peut d'ailleurs ſe déduire de ce que les tranches croiſſent comme les ordonnées d'un triangle.

On tirera aiſément de-là la poſition du centre de gravité d'une tranche de conoïde terminée par des baſes parallèles entr'elles, & à l'axe ſur la droite qui joint les centres de gravité de ſes deux baſes.

5. Une autre propriété remarquable des ſurfaces de conoïdes, c'eſt la ſimplicité de leur équation, en prenant pour axe des coordonnées, les droites AB, AC, CQ : en effet, ſoit N un point quelconque de la ſurface, $NM = z$, $MP = y$, $AP = x$ ſes coordonnés ; on a $z = EH$, mais $EH = \varphi\,(CH)$, φ indiquant une fonction quelconque donnée par la nature de la baſe ; donc $z = \varphi\,(CH)$. Or $CH = \frac{y \times AC}{x}$ donc $z = \varphi\left(\frac{y \times AC}{x}\right)$.

6. Je vais actuellement déduire des principes précédens, les principales propriétés d'une eſpèce de ſurface connue proprement ſous le nom de *ſurface gauche* ou de *quadrilatère gauche ;* c'eſt par ce dernier nom que je le déſignerai. FIG. 2.

Soient AB, CD, deux droites indéfinies ſituées dans différens plans & projetées au plan horizontal en A*b* & C*d*. Si on connoît les angles CA*b*, BA*b*, AC*d* & DC*d*, la longueur de AC, ces deux droites ſont données de poſition dans l'eſpace ; il y a encore pluſieurs autres manières de fixer leurs poſitions.

7.° Parallélement au plan horizontal CA*b*, ſoient menées une infinité de droites, telles BD, F*f*, &c. qui paſſent par les lignes AB, CD, on aura une ſurface du genre des conoïdes, dont on pourra regarder AB comme l'axe, CD comme la directrice. Cette ſurface s'étend à l'infini dans tous les ſens, puiſqu'on peut par tous les points de AB & CD

prolongées à l'infini, mener des droites horizontales telles que BD, & prolonger encore celles-ci à l'infini. Il eſt clair que, par tous les élémens AC, Ff, BD de cette ſurface, on peut mener des plans parallèles, & comme des plans parallèles coupent en parties proportionnelles des droites ſituées ou non dans le même plan, les lignes indéfinies AB, CD ſeront coupées par les élémens de la ſurface en parties proportionnelles entr'elles & aux droites AB, CD; d'où il ſuit que la ſurface dont nous venons de donner la formation, eſt la même que celle qu'on nomme *ſurface gauche*, *plan gauche* ou *quadrilatère gauche*, priſe ſuivant la définition commune.

8. L'équation de cette ſurface eſt extrêmement ſimple; ſoit A l'origine des coordonnées, AC l'axe des x, menons D∂ parallèle & égale à AB, & partant terminée au plan CAB; menons auſſi C∂, ſoit N un point quelconque de la ſurface, BD l'élément ſur lequel il eſt ſitué, menons NM parallèle à AB & MP à C∂, enfin ſoient $AP = x$, $PM = y$, $MN = z$, $AC = a$, $\partial DC = K$, $\partial CD = L$, on a $C\partial = \frac{ay}{x}$ mais $C\partial : D\partial = z :: \sin K : \sin L$; donc $\frac{ay}{x} = \frac{z \sin K}{\sin L}$ ou $y = \frac{xz \sin K}{a \sin L}$.

9. Il ſuit de cette équation, que toutes les ſections planes qu'on peut faire dans un quadrilatère gauche, ſont des droites ou des hyperboles.

Soit 1° $z = h$, il vient $y = \frac{hx \sin K}{a \sin L}$ ce qui nous apprend ce que nous ſavons déjà par la formation; ſavoir, que toutes les coupes horizontales, ſont des droites paſſant par les points correſpondans des lignes AB, CD, j'appellerai *élémens directs* de la ſurface, ces droites dont elle eſt compoſée parallélement au plan horizontal.

Soit 2.° $x = h$, il vient $y = \frac{hz \sin K}{a \sin L}$ donc les coupes faites parallélement au plan CD∂, ou aux deux directrices AB, CD, ſont encore des droites: donc la ſurface d'un quadrilatère gauche eſt compoſée, non-ſeulement de droites paral-

lèles au plan horizontal C A b, mais encore dans un autre ſens de droites parallèles au plan C D ∂, mené parallèlement aux deux directrices. J'appellerai *élémens tranſverſes* de la ſurface, ces droites dont elle eſt compoſée parallélement au plan C D ∂.

10. Tous les élémens tranſverſes étant ſitués dans des plans parallèles, coupent les élémens directs en parties proportionnelles aux côtés A C, B D; par la même raiſon, les élémens directs A C, F f, B D, &c. coupent les élémens tranſverſes A B, N P, C D en parties proportionnelles aux deux côtés A C, B D: ainſi, dans un quadrilatère gauche A B D C, on a la même ſurface en diviſant les côtés oppoſés A B, C D en parties proportionnelles à ces côtés, & joignant les points correſpondans par des droites, que ſi on eût diviſé les deux autres côtés A C, B D en parties proportionnelles à ces côtés, & mené des droites par les points de diviſion. On peut donc regarder indifféremment comme directrices, ou les deux côtés A B, C D, ou les deux autres A C, B D. On peut encore tirer de-là ce

THÉORÊME IV.

Un élément quelconque direct de quadrilatère gauche & un élément tranſverſe ſe coupent en parties proportionnelles aux parties correſpondantes de leurs directrices reſpectives : ainſi, N φ : φ P :: B F : A F : & F φ : f φ :: A P : P C.

11. On peut tirer de-là une démonſtration bien ſimple de cette propoſition ſi utile en Mécanique, que le centre de gravité du ſyſtême de tant de corps qu'on voudra, dont les centres ſe meuvent uniformément en ligne droite, ſe meut lui-même uniformément en ligne droite.

Soient A & B les centres de gravité de deux corps qui ſe meuvent uniformément le long des lignes A C, B D, avec des vîteſſes repréſentées par A C & B D, F le centre de gravité de leur ſyſtême, F f un élément direct du quadrilatère gauche,

f ſera encore le centre du ſyſtème au moment où les deux corps arriveront, l'un en C, l'autre en D. Il faut donc prouver que ce centre a parcouru uniformément la droite Ff; pour cela ſoit NP, un élément quelconque tranverſe, les deux corps A & B arriveront en même tems aux points P & N, & partant le centre de leur ſyſtème ſera en un point φ de la droite NP tel qu'on ait $N\varphi : \varphi P :: BF : AF$, c'eſt-à-dire, au point d'interſection des deux élémens NP, Ff, (Th. 4.) donc 1.° le centre du ſyſtème parcourt la droite Ff: 2.° il la parcourt uniformément; car (Th. 4.) $F\varphi : Ff :: AP : AC$: donc, &c.

12. Nous avons vu, plus haut, que tous les élémens directs d'un quadrilatère gauche ſont parallèles à un même plan, & ſes élémens ſont tranſverſes à un ſecond plan. Ces deux plans ont entr'eux une certaine inclinaiſon que je vais déterminer: pour cela nommons ($AC = a$, $AB = D\partial = b$, $BAb = D\partial d = p$, $DCd = q$, $CAb = m$, $ACd = n$) on aura ($Bb = Dd = b\ \mathit{ſin}\ p$, $Ab = d\partial = b\ \mathit{coſ}\ p$, $CD = \frac{b\ \mathit{ſin}\ p}{\mathit{ſin}\ q}$, $Cd = \frac{b\ \mathit{ſin}\ p}{\mathit{tang.}\ q}$) le point ∂ eſt le ſommet d'une pyramide triangulaire dont les faces ſont $D\partial d = p$, $d\partial C$ qu'il eſt aiſé de calculer & $D\partial C$ qui fait avec $d\partial C$ l'angle cherché: pour calculer $d\partial c$ je prolonge $d\partial$ en $\imath$ & dans le triangle $C\imath d$ j'ai l'angle $\imath = m$, l'angle $C = n$ & le troiſième par conſéquent $= 180° - m - n$ donc $\mathit{ſin}\ Cd\partial = \mathit{ſin}\ (m+n)$ & $\mathit{coſ}\ Cd\partial = -\mathit{coſ}\ (m+n)$ de plus $Cd = \frac{b\ \mathit{ſin}\ p}{\mathit{tang}\ q}$ & $\partial d = b\ \mathit{coſ}\ p$. Mais dans tout triangle $d\partial C$ on a..........................

$$\mathit{tang}\ d\partial C = \frac{Cd \times \mathit{ſin}\ Cd\partial}{\partial d - Cd \times \mathit{coſ}\ Cd\partial} : \text{donc} \ldots\ldots\ldots\ldots$$

$$\mathit{tang}\ d\partial C = \frac{\frac{b\ \mathit{ſin}\ p}{\mathit{tang}\ q} \times \mathit{ſin}\ (m+n)}{b\ \mathit{coſ}\ p + \frac{b\ \mathit{ſin}\ p}{\mathit{tang}\ q} \times \mathit{coſ}\ (m+n)} = \ldots\ldots\ldots\ldots$$

$$\frac{b\ \mathit{ſin}\ p\ \mathit{ſin}\ (m+n)}{b\ \mathit{coſ}\ p\ \mathit{tang}\ q + b\ \mathit{ſin}\ p\ \mathit{coſ}\ (m+n)} = \frac{\mathit{ſin}\ (m+n)}{\mathit{cot}\ p\ \mathit{tang}\ q + \mathit{coſ}\ (m+n)}.$$

On connoît donc dans la pyramide deux faces & l'angle droit qu'elles contiennent, ou dans le triangle ſphérique ABC

correſpondant,

correſpondant, les côtés $AB = p$, $AC = d\partial c$, & l'angle droit A ; & il s'agit de trouver l'inclinaiſon de la troiſième face ſur la ſeconde, ou l'angle C : or, dans un triangle ſphérique ABC, rectangle en A, on a ....

$$tang\, C = \frac{1}{\mathit{ſin}\, AC \times cot\, AB} = \frac{tang\, AB}{\mathit{ſin}\, AC} : \text{ donc } tang\, C = \frac{tang\, p}{\mathit{ſin}\, d\partial C};$$

mais $\mathit{ſin} = \frac{tang}{\sqrt{(1 + tang^2)}}$: donc $\mathit{ſin}\, d\partial C = \frac{\mathit{ſin}\,(m+n)}{(cot\, p\, tang\, q + co\mathit{ſ}(m+n)) \times}$

$$\times \sqrt{\left(1 + \frac{\mathit{ſin}^2\,(m+n)}{(cot\, p\, tang\, q + co\mathit{ſ}\,(m+n))^2}\right)} = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

$$\frac{\mathit{ſin}\,(m+n)}{\sqrt{\left((cot\, p\, tang\, q + co\mathit{ſ}\,(m+n))^2 + \mathit{ſin}^2\,(m+n)\right)}} : \text{ donc } \ldots\ldots\ldots\ldots$$

$$tang\, C = \frac{tang\, p \sqrt{\left((cot\, p\, tang\, q + co\mathit{ſ}\,(m+n))^2 + \mathit{ſin}^2\,(m+n)\right)}}{\mathit{ſin}\,(m+n)};$$ &, à cauſe de $tang \times cot = 1$, on a ....

$$tang\, C = \frac{\sqrt{(tang^2 p + tang^2 q + 2\, tang\, p\, tang\, q\, co\mathit{ſ}\,(m+n))}}{\mathit{ſin}\,(m+n)}.$$

13. Pour trouver les cas où ces deux plans directeurs du quadrilatère gauche deviennent perpendiculaires l'un à l'autre, il n'y a qu'à ſuppoſer *tang* C ou ſa valeur infinie, ce qui donne ſin. $(m+n) = o$, & partant $m+n = 180$, c'eſt-à-dire, qu'alors les projections de deux côtés oppoſés ſur le plan parallèle aux deux autres, ſont parallèles. Les deux plans ſont encore perpendiculaires, quand un des angles p & q eſt droit ou tous les deux, ce qui eſt évident de ſoi-même, & par la valeur de *tang* C : quand les deux plans ſont perpendiculaires l'un à l'autre, le quadrilatère gauche devient une portion de conoïde droit, puiſqu'alors il y a évidemment un des élémens tranſverſes de la ſurface perpendiculaire au plan horizontal.

14. Soit donc GR, cet élément vertical, c'eſt-à-dire, l'axe perpendiculaire du conoïde droit, dont ABCD fait partie. Pour retrouver ſa diſtance AG du point A, prenons-le pour axe des z, mettons au point G l'origine des x, & nommons g *Fig. 3.*

la diſtance AG, nous aurons (n.° 8) ....
$MP = \frac{GP \times MN}{AG} \times \frac{\sin ABb}{\sin BAb}$, ou $y = \frac{xz}{g \,\text{tang}\, p}$; mais, ſuppoſant $x = GC$, ou $g + a$, & $z = Dd = b \sin p$, y ſera $= Cd = \frac{b \sin p}{\text{tang}\, q}$: donc $\frac{b \sin p}{\text{tang}\, q} = \frac{b \sin p \times (g+a)}{g \,\text{tang}\, p}$: donc $g = \frac{a \,\text{tang}\, q}{\text{tang}\, p - \text{tang}\, q}$: l'équation ſera donc $y = \frac{xz(\text{tang}\, p - \text{tang}\, q)}{a \,\text{tang}\, p \,\text{tang}\, q}$.

FIG. 4. 15. Reprenons l'équation $y = \frac{xz}{g \,\text{tang}\, p}$, dont les coordonnées ſont GP, PM, MN, & par G, menons GQ dans le plan horizontal perpendiculaire aux PM ou y, & prolongeons les droites Ab, Pm, Cd juſqu'à ce qu'elles rencontrent GQ en a, π, Δ; nommons $G\pi$ (x'), πM (y') & MN étant toujours z, cherchons l'équation entre x', y' & z coordonnées rectangles, nous aurons $G\pi\,(x') : GP\,(x) :: \sin m : 1$: donc $x = \frac{x'}{\sin m}$; de même $P\pi = \frac{x'}{\cos m}$: donc $y = M\pi - P\pi = y' - \frac{x'}{\cos m}$: donc $\frac{y' \cos m - x'}{\cos m} = \frac{x'z}{g \sin m \,\text{tang}\, p}$; équation entre les coordonnées rectangles de la ſurface.

dGQ étant toujours le plan horizontal, ſi, par l'axe RGF prolongé & GQ, on fait paſſer un plan, il coupera la ſurface, ſuivant une arète $Fa'\pi'$, perpendiculaire à l'axe, & parallèle à GQ; par cette arète, menons un plan horizontal, qui rencontre en b', M', &c. les ordonnées Bb, NM, &c. &, par ces points b', M', les droites $b'a'$, $M'\pi'$, parallèles à $M\pi$; nommons x, y, z les coordonnées $F\pi'$, $\pi'M'$, $M'N$; e la droite $Fa' = Ga$ (a' eſt le point où l'arète AB rencontre $F\pi'$), nous aurons (n.° 8), $y = \frac{xz}{e \,\text{tang}\, p}$; équation de ſurface entre des coordonnées rectangles, la plus ſimple poſſible après celle du plan.

On connoîtra aiſément la diſtance FG (f), à laquelle paſſe ce nouveau plan horizontal : car, ſoit $x = Fa' = Ga = e$, $y = a'A' = aA = g \cos m$, z ſera $= f$: donc $g \cos m = \frac{ef}{e \,\text{tang}\, p}$: donc $f = g \cos m \,\text{tang}\, p$, ou $f = \frac{a \cos m \,\text{tang}\, p \,\text{tang}\, q}{\text{tang}\, p - \text{tang}\, q}$, en remettant pour g ſa valeur trouvée n.° 14.

16. Il est aisé de connoître la valeur de l'angle BAC, & de celui que fait le plan BAC avec le plan horizontal CAb: ainsi, on pourra, si l'on veut reconclure l'équation de la surface du quadrilatère gauche par rapport au plan mené par deux de ses côtés contigus. Il est aussi aisé de la trouver directement; je ne m'y arrêterai pas, parce qu'elle est beaucoup plus compliquée que celle que nous avons trouvé (N.° 8) & qu'elle ne sert pas plus pour les propriétés de la surface. *Fig. 2.*

17. On peut demander le *minimum* de tous les élémens AB, NP, CD, du quadrilatère gauche: or, dans le triangle NMP, l'angle NMP est constant; nommons-le M: ...... $NM = AB = b$, MP ou $y = \frac{bx \sin K}{a \sin L}$; mais .... $NP = \sqrt{((NM)^2 + (MP)^2 - 2NM \times MP \times \cos M)} =$ ...... $\sqrt{\left(b^2 + \frac{b^2 x^2 \sin^2 K}{a^2 \sin^2 L} - \frac{2b^2 x \sin K \cos M}{a \sin L}\right)}$, qui doit être un *minimum*: donc $2x\,dx \times \sin K - 2a \sin L \cos M\,dx = 0$: donc $x = \frac{a \sin L \cos M}{\sin K}$; mais ....
$\cos M = -\cos(K+L) = \sin L \times \sin K - \cos L \cos K$: donc .. $x = a \sin L \times (\sin L - \cos L \cot K)$: voilà le lieu du *minimum*: quant à sa valeur, la voici: On a, en substituant à x sa valeur particulière, ...
$NP = b\sqrt{\left(1 + \frac{\sin^2 K \times a^2 \sin^2 L \cos^2 M}{a^2 \sin^2 L \times \sin^2 K} - \frac{2 \sin K \cos M \times a \sin L \cos M}{a \sin L \sin K}\right)}$ $= b\sqrt{(1 + \cos^2 M - 2\cos^2 M)} = b \sin M$; l'équation ...... $NP = b \sin M$ donne $NP : NM :: \sin M : 1$; c'est-à-dire que le plus court des élémens rectilignes d'un quadrilatère gauche, est celui qui fait avec sa projection oblique un angle droit.

18. On pourroit demander, non pas l'élément le plus court de la surface gauche terminé aux droites AC, BD; mais la droite la plus courte absolument qu'on puisse mener de l'une à l'autre. Je vais donner la construction de ce Problême par une méthode usitée dans la coupe des pierres, & qui, par son utilité, mériteroit d'être plus connue.

Imaginons que A & a ſoient les points où les deux lignes données de poſition rencontrent un plan connu, que je ſuppoſerai horizontal, que A C & aC ſoient les projections de ces droites ſur ce plan, ou, ce qui revient au même, que les angles formés par ces projections A C, aC, avec la ligne fixe Aa, ſoient connus, la droite qui paſſe par A à un de ſes points, qui correſpond verticalement au point C, nommons-le Z, & partant cette ligne AZ, nommons aZ′ l'autre ligne, (Z′ étant celui de ſes points qui correſpond verticalement au point C,) les angles que forment les droites AZ, aZ avec leurs projections AC, aC, ſont cenſé connus, on connoîtra donc les hauteurs CZ, CZ′ des points Z, Z′ au-deſſus du plan horizontal : ainſi, ſuppoſant que $\theta\mu$ ſoit la baſe d'un profil perpendiculaire ſur Aa, on y projetera aiſément les droites A Z & aZ′ en $\mu\lambda$ & μK (en faiſant $h\lambda$ & hK = CZ & CZ′).

Imaginons actuellement, par le point Z, une droite ZY parallèle à aZ′, & par Z′, une droite Z′Y′ parallèle à AZ, les plans AZY, aZ′Y′ ſeront évidemment parallèles : maintenant ſi, de tous les points de AZ, on abaiſſe ſur le plan aZY′ des perpendiculaires, une de ces perpendiculaires rencontrera la droite aZ′ & ſera préciſément la droite la plus courte entre les deux lignes AZ & aZ′; car elle eſt la plus courte entre les deux plans parallèles, & partant moins longue que toute autre droite menée entre les deux lignes, puiſque cette autre droite ſeroit auſſi compriſe entre les deux plans. Le *minimum* cherché, eſt donc la diſtance des deux plans parallèles que nous avons imaginés par AZ & aZ′; pour la trouver, cherchons d'abord l'interſection de ces deux plans avec le plan horizontal. Pour cela, remarquons que la droite ZY va rencontrer ce plan horizontal en quelque point e, par lequel & par A menant une droite Ae, elle ſera une des interſections cherchées, trouvons donc le point e : or la droite ZYe étant parallèle à aZ, ſa projection $\lambda\theta$ ſera parallèle à μK; ainſi, menant θe perpendiculaire à θh & horizontale, elle contiendra le point e : ce point e eſt auſſi ſur aC prolongée in-

définiment, il est donc à l'intersection des deux droites a C & θe; A e & sa parallèle am, sont donc les intersections du plan horizontal avec les plans parallèles menés par les deux droites AZ & aZ'.

Imaginons à présent un profil perpendiculaire à ces deux plans parallèles & dont Mm perpendiculaire sur A e soit la base; ces deux plans y seront projetés sur deux droites parallèles Mn, mt qu'on déterminera en menant sur Mm la perpendiculaire CHtn, & faisant Hn = CZ ou $h\lambda$.

Concevons enfin qu'on projette les deux lignes AZ & aZ' sur le plan ZAe, par des perpendiculaires à ce plan; 1.° le point A de la ligne AZ y sera projeté en A; 2.° le point Z sera projeté en quelque point de la droite gCd perpendiculaire sur Ae, & sera éloigné du point g d'une quantité gd = Mn: donc A d est la projection de AZ sur le plan oblique; 3.° pour avoir la projection de aZ' sur ce plan, nous remarquerons que Z' étant projeté en C au plan horizontal, sa projection sur le plan ZAe tombera aussi sur gd: reste à savoir à quelle distance de g: or, si de Z' on abaisse sur le plan ZAe une perpendiculaire Z'L' pour avoir sa projection L', & que par Z'L' & ZC on mène un plan, il coupera le plan horizontal suivant gC, & le plan ZAe suivant une droite gL', qui formera avec Cg, CZ' & Z'L' un quadrilatère CgL'Z', semblable & égal à celui MHtu (tu étant perpendiculaire sur Mn): donc portant Mu de g en Δ, Δ sera la projection du point Z'; 4.° reste à trouver la projection du point a: or elle est dans la perpendiculaire ab sur Ae; de plus, elle est évidemment éloignée du point b d'une quantité bB = MP, (mP étant perpendiculaire sur Mn): donc la droite BΔ est la projection de aZ' sur le plan ZAe; partant le point o, où se coupent les deux droites Ad, BΔ, sera la projection sur ZAe des deux points où aboutit le *minimum*, & en même-tems de ce *minimum*: donc si du point o on abaisse sur Ae la perpendiculaire oif, elle contiendra indéfiniment les projections horizontales des deux points par lesquels passe le *minimum*. Ces projections

ſont donc les points f & i, où la droite oif rencontre les projections horizontales AC, & aC & fi eſt la projection horizontale du *minimum :* on retrouvera aiſément ſes projections $\varphi\downarrow$ & xy aux deux profils. Remarquons que xy eſt auſſi la vraie longueur de ce *minimum.*

Théorême V.

Fig. 2. 19. *On a la cubature exacte du ſolide renfermé par la ſurface d'un quadrilatère gauche* ABDC, *par des plans menés d'une manière quelconque par ſes quatre côtés & par un cinquième plan quelconque.*

Démonstration.

Car formant le conoïde ABDdCA, il eſt par le Théorême 2, $= \mathrm{D}d\mathrm{C} \times \frac{h}{2}$; mais quelque inclinaiſon qu'aient les plans menés par les quatre côtés, ils ne font que retrancher du conoïde ou lui ajouter des ſolides terminés par des faces planes & rectilignes, & partant rigoureuſement cubables : donc, &c.

Théorême VI.

20. *On a géométriquement la poſition du centre de gravité d'un ſolide renfermé par la ſurface d'un quadrilatère gauche* ABDC, *par des plans menés d'une manière quelconque par ſes quatre côtés & par un cinquième plan quelconque.*

La démonſtration en eſt la même que celle du Theorême précédent.

21. Je me ſuis un peu étendu ſur cette dernière eſpèce de ſurface gauche, parce qu'elle eſt la plus ſimple, & qu'elle entre d'une manière élémentaire dans la compoſition de toutes les ſurfaces gauches, qui ne ſont que des ſyſtêmes de ſurfaces de trapèzes gauches dont une dimenſion eſt finie, l'autre infiniment petite.

22. De la formation des conoïdes dont nous venons de

nous occuper, on peut s'élever à celle d'une classe de surface gauche beaucoup plus étendue, & dont celle des conoïdes n'est qu'une espèce particulière. La voici. *Fig. 6.*

Imaginons un plan ACQR horizontal, deux courbes quelconques DEQ, BeR, qui s'élèvent au-dessus de ce plan & que je nommerai *directrices*. Concevons ensuite une droite mobile RQ, qui, demeurant toujours parallèle à l'horizon, passe toujours par des points correspondans des directrices, elle engendrera une surface gauche qui devient évidemment un conoïde quand une des deux directrices est une droite; cette surface est évidemmeut infinie : je désignerai cette espèce de surface par le nom de *paralléloïde*.

23. Soit coupée cette surface par deux plans parallèles entr'eux, & inclinés d'une manière quelconque à l'horizon: soient DEQ, BeR, ces deux sections que je nommerai *les bases* du solide gauche, & considérons le solide renfermé entre ces deux bases, la surface, le plan horizontal & un plan ABDC, mené par une des arêtes ou élémens rectilignes de la surface, il a quelques propriétés remarquables.

THÉORÊME VII.

24. *Le solide gauche* ABeRQCDEQ, *est égal au produit de sa hauteur perpendiculaire par la moitié de la somme de ses deux bases.*

DÉMONSTRATION.

Imaginons une infinité de plans horizontaux infiniment proches, qui coupent le solide suivant des trapèzes; soient EI*ie*, FN*nf*, deux de ces trapèzes consécutifs; la tranche du solide qu'ils renferment est égal au produit d'un de ces trapèzes par l'épaisseur dx; mais ST étant la distance perpendiculaire des droites AR, CQ, le trapèze FN*nf* est $= ST \times \frac{FN + fn}{2}$ la tranche élémentaire est donc $ST \times dx \times \frac{FN + fn}{2}$. Par ST imaginons un plan perpendiculaire aux deux bases, qui les coupe suivant *Fig. 6.*

Fig. 6 & 7. les parallèles SH, Th & les deux trapèzes suivant les parallèles Hh, Ll ; enfin menons HK perpendiculaire sur Hh & HG sur SH, HK sera dx & HG la hauteur perpendiculaire (h) du solide. La tranche sera donc $ST \times HK \times \frac{FN+fn}{2}$ mais HK : HL :: HG : Hh : donc $HK \times ST = HL \times GH$. La tranche est donc $= \frac{FN+fn}{2} \times HL \times HG = \frac{FEIN+fein}{2} \times h$: le solide est donc $\frac{1}{2} \times \int (FEIN + fein) = \frac{h}{2} \times (CDEQ + ABcR)$ ainsi, nommant S le solide, B, b ses bases, on a $S = h \times \frac{B+b}{2}$.

25. Soit b' une section du paralléloïde faite parallélement à ses bases & à la distance x de B, on aura, en nommant S', S'', les portions de solide renfermées entre cette section & chacune des bases B & b, $S' = \frac{B+b'}{2} \times x$, $S'' = \frac{b+b'}{2} \times (h - x)$: donc $(B+b) \times \frac{h}{2} = \frac{B+b'}{2} \times x + \frac{b+b'}{2} \times (h - x)$: donc .... $b' = \frac{B \times (h-x) + bx}{h}$; donc, &c.

THÉORÊME VIII.

Dans un paralléloïde comme dans les conoïdes, l'aire d'une section faite parallélement à ses bases, dépend uniquement de l'aire de ces bases.

26. Passons actuellement à la recherche du centre de gravité du solide, & cherchons d'abord sa distance au plan de la Base B.

Or la tranche qui a b' pour base est (n.° 25) $= \ldots\ldots$ $\frac{B \times (h-x) + bx)}{h} \times dx$, donc $\frac{B(h-x) + bx}{h} \times xdx$ est son moment par rapport au plan B; donc la distance du centre de gravité du solide au plan de la base B est .... $\frac{\frac{1}{h} \int (Bhxdx - Bx^2dx + bx^2dx)}{\frac{B+b'}{2}} = \frac{\frac{Bhx^2}{2} - \frac{Bx^3}{3} + \frac{bx^3}{3}}{h \times \frac{B \times b'}{2} x}$ (la constante étant nulle si on calcule depuis la base B). Or cette expression

faisant

faiſant $x = h$ & partant $b' = b$ devient . . . .

$$\frac{\frac{Bh^3}{2} - \frac{Bh^3}{3} + \frac{bh^3}{3}}{h^2 \times \frac{B+b}{2}} = \frac{Bh + 2bh}{3(B+b)} = \frac{h}{3} \times \frac{B+2b}{B+b}.$$

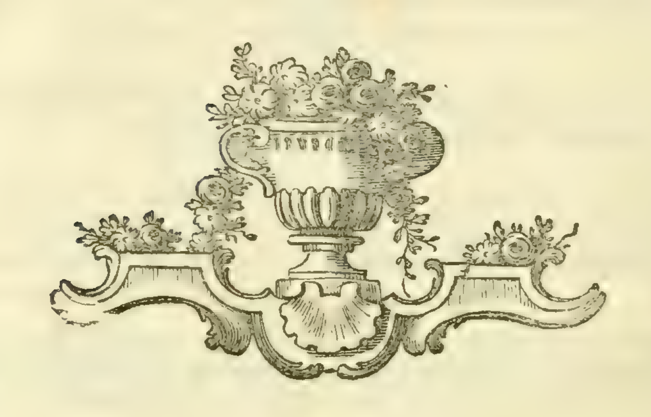
Quant aux diſtances de ce centre de gravité à deux autres plans, elles dépendent des équations particulières des deux baſes, & l'on ne peut en trouver une expreſſion générale.

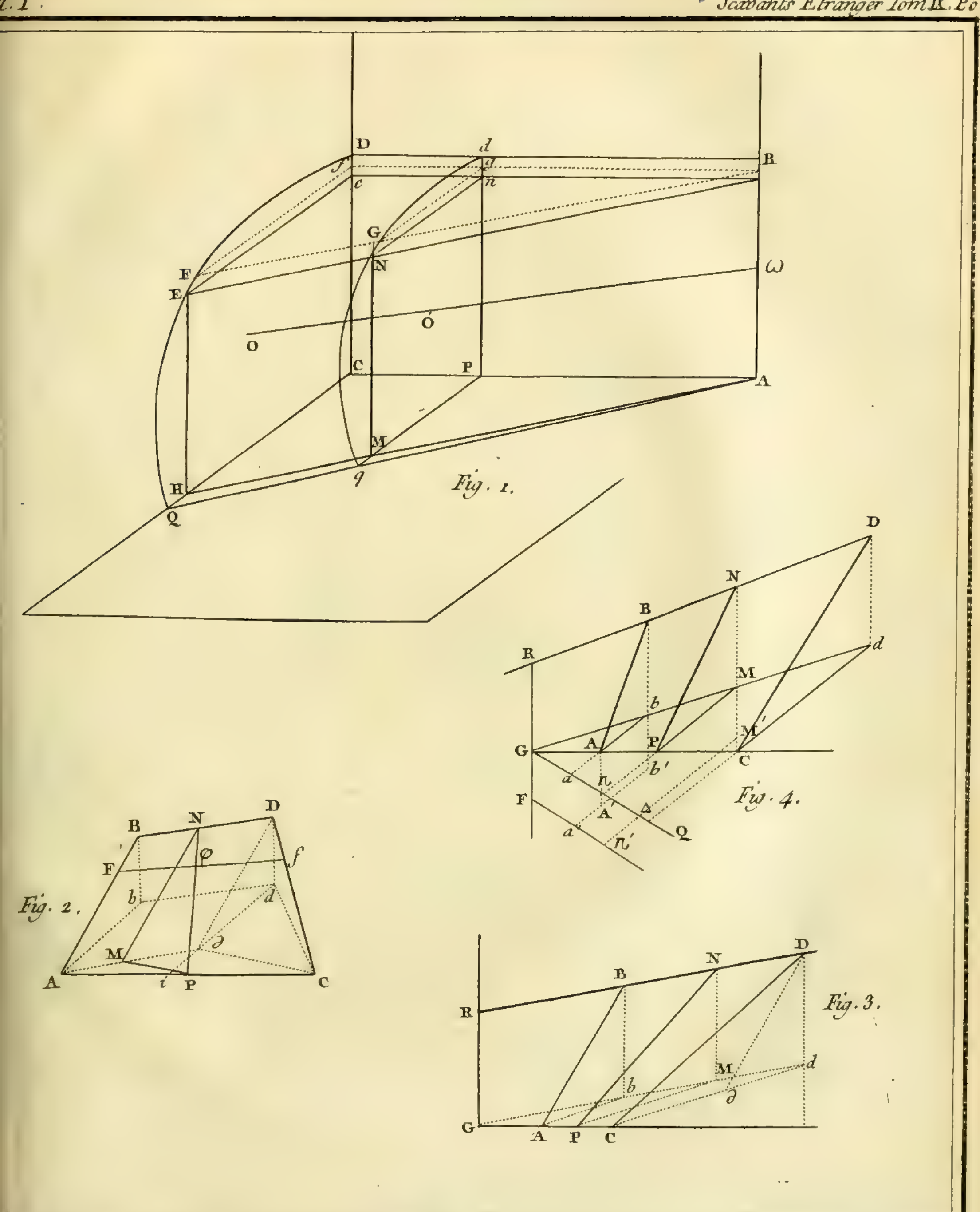
27. Un conoïde étant évidemment une eſpèce de paralléloïde, on pourra trouver la cubature & la poſition du centre de gravité d'un ſegment de conoïde à baſes parallèles entr'elles, lorſque ces baſes ne ſont pas parallèles à l'axe, par ce que nous venons de démontrer dans les Numéros précédens.

28. Avant de quitter cette matière, je ne crois pas inutile de donner l'équation générale des paralléloïdes.

Pour cela ſoient x, y, z les coordonnées, x & y étant horizontales, quelque ſoit l'équation qui exprime la dépendance mutuelle de ces coordonnées, elle eſt de cette forme $\varphi(x, y, z) = o$, φ déſignant une certaine fonction : cela poſé, coupons la ſurface du paralléloïde par un plan quelconque horizontal, la ſection ſera une droite ou un ſyſtême de droites ; mais on ſait que, ſi dans l'équation d'une ſurface, on fait z égal à une conſtante donnée h, l'équation entre x & y qui en réſulte, eſt celle de la coupe horizontale faite dans cette ſurface à la diſtance h : ainſi, puiſque, dans le cas préſent, cette dernière équation eſt celle d'une droite, $\varphi(x, y, z) = o$ devient l'équation d'une droite : or, l'équation d'une droite eſt généralement $Ax + By + C = o$; donc ici on a $\varphi(x, y, h) = Ax + By + C$, pour une autre coupe faite à la diſtance h', on a $\varphi(x, y, h') = A'x + B'y + C$, d'où l'on voit que les coëfficiens A, B, C, varient lorſque la hauteur h

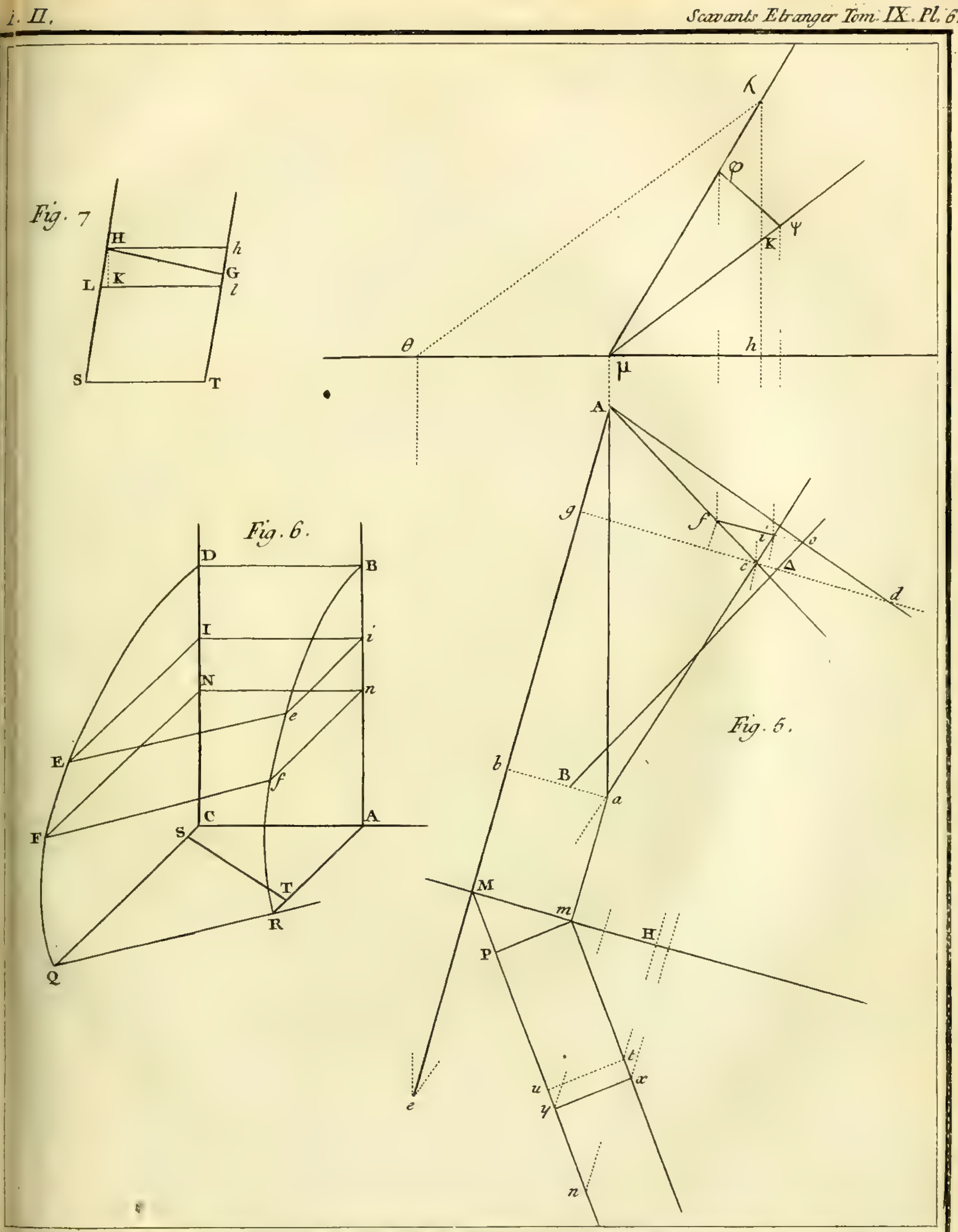
varie ; & puiſque h eſt généralement repréſenté par z, il eſt viſible que les coëfficiens A, B, C ſont des fonctions de z ; donc $\varphi(x, y, z) = x.\varphi' z + y.\varphi'' z + \varphi''' z$ (φ', φ'', φ''' exprimant des fonctions quelconques) partant l'équation générale de tous les paralléloïdes rapportée au plan horizontal, eſt $x.\varphi' z + y.\varphi'' z + \varphi''' z = o$.





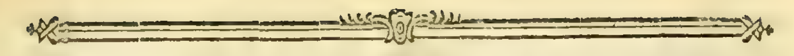
Eh Haussard Sculp.





Ch. Haussard Sculp.





PREMIER MÉMOIRE
SUR
PLUSIEURS COMBINAISONS SALINES
DE L'ARSENIC.

Par M. BUCQUET.

LES SUBSTANCES MÉTALLIQUES ont été depuis long-temṡ l'objet du travail & des recherches des Chymiſtes : ils les ont tourmentées de mille manières, & tous leurs efforts réunis n'ont pu découvrir autre choſe, ſinon que ces ſubſtances ſont compoſées du principe inflammable & d'une terre dont la nature n'eſt pas parfaitement connue. Eſt-elle la même dans toutes les matières métalliques ? Ou chacune de ces ſubſtances a-t-elle une terre particulière qui lui ſoit propre ? C'eſt ce qu'aucun Chymiſte Phyſicien n'oſe encore aſſurer. La poſſibilité de convertir en verre toutes les chaux métalliques, prouve en faveur de la première de ces opinions, & ceux qui la ſoutiennent prétendent que les différences qu'on obſerve entre les matières métalliques, ne dépendent que de la proportion de leur phlogiſtique & de leur terre, ou de l'union plus ou moins intime de ces deux principes : ils penſent auſſi que les terres ou chaux métalliques n'ont des propriétés particulières que parce qu'elles retiennent toujours une aſſez grande portion de phlogiſtique dont il n'eſt pas poſſible de les dépouiller malgré les calcinations les plus exactes. Les défenſeurs du ſentiment contraire s'appuient ſur la variété des chaux métalliques, ſur la facilité de fondre en verre quelques-unes d'entr'elles, tandis que pluſieurs autres réſiſtent fortement à leur vitrification, ſur

Préſenté en 1772

la pesanteur, la couleur & la transparence qui varient dans chacun des verres métalliques, & plus encore sur la propriété qu'ont ces verres & les chaux qui les produisent, de se convertir par l'addition du phlogistique en un métal absolument le même que celui dont ils faisoient partie.

Avant d'embrasser une de ces deux opinions, qui ont trouvé des partisans parmi les Chymistes les plus célebres, j'ai cru devoir rassembler un grand nombre de faits, afin que leur réunion pût servir à établir une théorie plus solide.

Je me suis proposé d'examiner, dans un grand détail, toutes les combinaisons salines métalliques; & quelque long que soit ce travail, quelque multipliées que soient les expériences qu'il exige, je les suivrai autant qu'il me sera possible, persuadé que l'action des differens menstrues peut jeter un très-grand jour sur la nature des terres métalliques, & sur la manière dont le phlogistique est combiné à chacune d'elles. On apperçoit d'ailleurs, en faisant les combinaisons salines métalliques, plusieurs phénomènes singuliers; tels sont les propriétés qu'ont quelques acides de dissoudre certains métaux plus facilement que ne peuvent le faire les autres acides, qui cependant ont plus d'affinité avec ces mêmes métaux & y adhèrent plus fortement après leur union, les différences sensibles qu'on observe entre les sels formés par le même acide uni au même métal, suivant la manière dont on a opéré leur union, la deliquescence de plusieurs sels métalliques, la causticité de certains autres joint à un assez grand degré d'indissolubilité. Toutes ces particularités n'ont point échappé aux Chymistes, elles leur ont même paru mériter toute leur attention. Cependant, comme les faits leur manquoient, ils ont été obligés de passer légèrement sur ces objets que je tâcherai d'approfondir autant que je le pourrai. Je m'abstiendrai neanmoins d'établir aucune assertion, avant d'avoir rassemblé une quantité suffisante de preuves: c'est pourquoi les premières parties de mon travail ne seront

qu'une ſuite d'Expériences, auxquelles j'ajouterai ſeulement, par forme de réflexion, les vues que chacune d'elles m'aura naturellement préſentées.

Je ſais que pluſieurs des combinaiſons ſalines métalliques dont j'aurai occaſion de parler, ſont connues; mais il en eſt beaucoup qui ne le ſont pas, & parmi celles qui ont été tentées, il y en a peu qui aient été ſuivies juſqu'au bout. C'eſt ce qui m'a déterminé non-ſeulement à tenter de nouvelles Expériences, mais même à répéter ſoigneuſement toutes celles qui ont été faites, pour les confirmer ſi elles ſont exactes, ou les contredire lorſque je les aurai trouvées peu conformes à la vérité : j'aurai en conſéquence l'attention de faire remarquer les Expériences qui m'appartiendront, afin qu'on puiſſe les comparer avec celles des autres Chymiſtes.

Je commence par publier quelques Expériences que j'ai faites ſur l'arſenic, cette ſubſtance ſingulière, qui paroît appartenir autant à la claſſe des ſels qu'à celle des demi-métaux, a préſenté à tous les Chymiſtes qui l'ont examinée, & particulièrement à M. *Macquer*, des phénomènes très-nouveaux & très-ſurprenants; &, quoique ce Savant Académicien nous ait fait connoître un grand nombre des plus importantes propriétés de l'arſenic, comme il s'eſt peu occupé des combinaiſons de cette matière avec les acides, j'ajouterai ici ce qui manque à ſon travail pour cette partie.

Combinaiſons de l'Acide vitriolique à l'Arſenic.

PLUSIEURS CHYMISTES ont eſſayé d'unir l'acide vitriolique à l'arſenic. M. *Macquer*, dit qu'en diſtillant un mêlange d'acide vitriolique & d'arſenic, on en retire un acide vitriolique qui a quelquefois une odeur tout-à-fait impoſante d'acide marin; lorſqu'on a pouſſé la diſtillation juſqu'à ce qu'il ne monte plus d'acide, la cornue étant preſ-

que rouge, il ne se sublime pas d'arsenic; mais cette substance reste au fond du vaisseau dans une fonte tranquille, &, lorsqu'elle est refroidie, elle forme une masse transparente, qui blanchit à l'air & attire l'humidité au point de se dissoudre en partie. M. *Brandt*, dans les Actes de l'Académie d'Upsal, dit que l'huile de vitriol dissout l'arsenic, & qu'à l'aide de cet acide très-concentré, l'arsenic devient fusible & soutient un grand feu, avant de se dissiper en fumée; mais M. *Brandt* ne détermine pas la quantité d'acide vitriolique qu'il convient d'employer pour operer la dissolution de l'arsenic. Voici ce que j'ai observé à cet égard: ayant pris une demi-once de chaux d'arsenic en poudre, je versai dessus une once d'huile de vitriol, dont le poids étoit à celui de l'eau comme 57 à 31; il ne s'est pas fait de dissolution à froid, & l'arsenic s'est durci en une masse assez difficile à rompre. J'ai fait bouillir le mélange; il s'est dissipé une grande quantité de vapeurs d'esprit sulphureux volatil; tout l'arsenic s'est dissous, la dissolution étoit claire, parfaitement transparente & peu fluide, en refroidissant elle a déposé des crystaux blancs; je les ai séparés de l'eau-mère qui les surnageoit; ces crystaux pesoient cinq gros, l'eau-mère pesoit quatre gros, cinquante-deux grains, il s'étoit dissipé deux gros vingt grains, ou un peu plus d'un sixième, pendant la dissolution.

J'ai mis ces crystaux sur des charbons ardens; ils ont commencé par répandre une odeur d'acide sulphureux assez forte, ils se sont boursouflés, & l'odeur sulphureuse étant dissipée, il s'est élevé des vapeurs purement arsenicales en très-grande abondance; la matière s'est fondue en une masse transparente comme du verre, & est restée fort long-temps, avant d'être volatilisée entièrement.

Comme les crystaux, tels que je les avois pris, étoient fort surchargés d'acide, je les lavai avec deux onces d'eau distillée & les fis égoutter sur le papier gris; l'eau du lavage

étoit fort acide, mais elle ne contenoit rien d'arſenical; je m'en ſuis aſſuré en la ſaturant avec du ſel de tartre; je n'en ai retiré que du tartre vitriolé très-pur.

La matière, qui avoit été lavée, n'avoit plus que la ſaveur ſingulièrement ſtiptique & rongeante de l'arſenic. J'en ai mis ſur les charbons ardens; elle s'eſt exhalée promptement en vapeurs arſenicales, & traitée dans des vaiſſeaux clos, elle s'eſt entièrement ſublimée, l'eau froide en a diſſous un quarente-huitième de ſon poids, & l'eau bouillante un vingt-quatrième. J'ai obtenu, par le refroidiſſement de cette diſſolution, des cryſtaux d'arſenic très-purs.

La liqueur que j'avois ſéparée du dépôt ſalin, étoit exceſſivement acide; je l'ai étendue dans douze parties d'eau diſtillée, & après l'avoir ſaturée de ſel de tartre, je n'en ai retiré que du tartre vitriolé très-pur, qui ne contenoit pas un atome d'arſenic. Pendant cette ſaturation, il s'étoit fait un petit précipité blanc que j'ai raſſemblé avec ſoin. Ce précipité ne contenoit rien d'arſenical, & il ne dépendoit que de quelques flocons terreux qui s'étoient ſéparés de l'alkali pendant la ſaturation, comme cela ſe voit ſouvent.

Ces Expériences, que j'ai répétées pluſieurs fois & dans des doſes différentes, tant ſur la chaux que ſur le régule, m'ayant toujours donné les mêmes réſultats, je crois pouvoir aſſurer, premièrement, que l'acide vitriolique ne contracte pas de véritable union ſaline avec l'arſenic, ſoit dans l'état de chaux, ſoit dans l'état de régule, puiſque cet acide qui a diſſous l'arſenic en bouillant, le laiſſe précipiter en totalité par le refroidiſſement : on en peut juger par l'état de l'eau-mère qui ſurnage le dépôt, laquelle ne contient rien d'arſenical, & en comparant avec le poids de la matière qui ſe dépoſe au fond du vaſe où s'eſt faite la diſſolution, celui de l'arſenic qu'on avoit employé. L'excès de poids qu'on retrouve dans ce dépôt, appartient à une portion d'acide qui eſt interpoſée entre ſes parties ſans être com-

biné, puiſqu'à la moindre chaleur cet acide ſe diſſipe en vapeurs ſulphureuſes, & qu'un ſimple lavage fait avec une petite quantité d'eau froide, ſuffit pour l'enlever parfaitement.

J'ajouterai en ſecond lieu, que la portion d'acide qui ſe précipite avec l'arſenic lui communique un très-grand degré de fixité, comme l'ont très-bien vu MM *Macquer* & *Brandt.*

Troiſièmement enfin je remarquerai que l'action de l'huile de vitriol ſur l'arſenic, eſt la même que celle de cet acide ſur le ſoufre; M. *Baumé* a fait voir que l'huile du vitriol bouillante diſſolvoit le ſoufre, mais que cette matière ſe cryſtalliſoit à meſure que l'acide refroidiſſoit, & que la liqueur, qui ſurnageoit le dépôt cryſtalliſé, ne contenoit aucune partie de ſoufre en diſſolution, tandis que le ſoufre retenoit entre ſes parties une aſſez grande quantité d'acide, pour que ſa couleur en fût ſenſiblement altérée. J'inſiſte d'autant plus ſur cette analogie, qu'elle n'eſt pas la ſeule qu'on ait trouvée entre le ſoufre & l'arſenic.

Combinaiſon de l'Acide nitreux à l'Arſenic.

LA DISSOLUTION de l'arſenic dans l'acide nitreux, n'eſt pas une choſe nouvelle : M. *Brandt* dit, dans le Mémoire cité plus haut, que cinquante parties d'eau forte diſſolvent une partie d'arſenic. M. *Brandt* ne dit pas comment il a opéré, ni de quelle eau forte il s'eſt ſervi; mais, en comparant ſon aſſertion avec mes Expériences, il me ſemble qu'il s'eſt ſervi d'une eau forte bien foible, ou il a opéré autrement que moi.

Je me ſuis ſervi d'un eſprit tiré du nitre à la manière de *Glauber;* cet eſprit étoit très-pur, & ſon poids étoit à celui de l'eau comme 43 à 31. J'ai pris quatre onces de chaux d'arſenic en poudre, j'ai verſé deſſus ſix onces d'eſprit de nitre; cet acide n'a point durci l'arſenic, comme l'a fait l'acide vitriolique, il ne l'a pas non plus diſſous ſenſiblement

à froid;

à froid; cependant, au bout de vingt-quatre heures, l'acide avoit pris une couleur verte, & répandoit des vapeurs rouges assez épaisses, ce qui prouve qu'il s'étoit déjà chargé d'une portion du phlogistique de l'arsenic. J'ai fait bouillir doucement le mêlange; à mesure que la dissolution se faisoit, le récipient étoit rempli d'une vapeur rouge d'acide nitreux très-épaisse; après une heure d'ébullition, tout étoit dissous, la liqueur transparente & parfaitement limpide, mais elle répandoit encore quelques vapeurs d'acide nitreux; je l'ai laissé refroidir, elle n'a rien précipité. Comme je soupçonnois qu'il y avoit une portion d'acide, qui n'étoit pas saturée, j'ai fait chauffer de nouveau la dissolution, & j'ai ajouté successivement & par parties trois gros de nouvelle chaux d'arsenic en poudre. Le troisième & dernier gros, ne s'étant dissous qu'en partie, & la liqueur cessant de répandre des vapeurs, je l'ai versé dans une capsule de verre, &, par le refroidissement, j'en ai obtenu un sel en petites écailles blanches & peu brillantes, que je ne peux mieux comparer qu'aux crystaux de sel sédatif crystallisé confusément dans une liqueur trop rapprochée. Ce sel, que j'appellerai *nitre d'arsenic* a une saveur des plus caustiques mêlée avec la saveur stiptique & rougeante de l'arsenic, & il conserve cette saveur, même après les lavages les plus exacts; il rougit le syrop de violettes, il se dissout dans environ quatre parties d'eau froide, & sa dissolution évaporée très-lentement, fournit des crystaux en petites écailles, tels que ceux qui ont été dissous.

Le nitre d'arsenic, quoique des plus caustiques, est très-dissoluble dans l'eau, il n'attire cependant pas très-sensiblement l'humidité de l'air.

L'eau-mère qui surnage le nitre d'arsenic, après que le sel s'est déposé, étant évaporée, fournit une nouvelle portion de ce sel semblable à la première; ce qui prouve que cette eau en tient en dissolution.

Le nitre d'arſenic eſt du nombre des ſels qui ſe diſſolvent en plus grande quantité dans l'eau chaude que dans l'eau froide, puiſque ſa diſſolution reſte claire tant qu'elle eſt chaude, & qu'elle ne laiſſe précipiter des cryſtaux qu'en refroidiſſant, à moins qu'on ne l'ait fait trop rapprocher.

Le nitre d'arſenic ne peut être décompoſé par le feu, ni à l'air libre, ni dans les vaiſſeaux clos. Lorſqu'on le met ſur des charbons, il ſe diſſipe en entier ſous la forme de vapeurs arſenicales, dont l'odeur n'eſt cependant pas celle de l'arſenic pur. Il eſt plus fixe que l'arſenic, mais moins que cette ſubſtance chargée d'acide vitriolique.

J'ai eſſayé de diſtiller le nitre d'arſenic dans une cornue de verre luttée. Il a paſſé d'abord quelques vapeurs purement aqueuſes; il s'eſt enſuite ſublimé une portion d'arſenic, partie ſous la forme de cryſtaux jaunâtres adhérens au col des vaiſſeaux, partie ſous celle d'une poudre fine & blanche qui tapiſſa l'intérieur du récipient. Je n'ai pas pu pouſſer l'Expérience juſqu'au bout, parce que, ne voyant plus paſſer de vapeurs, j'eſſayai de donner un peu plus de feu, mais ma cornue & le lut qui la couvroit, ſe fondirent. Je ne pus obſerver autre choſe, ſinon que la matière, qui tomboit de la cornue ſur les charbons, répandoit l'odeur du nitre d'arſenic, qui n'avoit pas ſouffert de décompoſition.

Cette Expérience paroît prouver que le ſel nitreux arſenical ne détonne pas ſur les charbons, & que le phlogiſtique ne le décompoſe pas.

J'ai tenté de décompoſer le nitre d'arſenic par l'intermède de l'alkali fixe. J'ai pris en conſéquence deux onces de diſſolution nitreuſe arſenicale rapprochée au point de la cryſtalliſation; je l'ai étendue dans quatre onces d'eau diſtillée, & j'ai ajoûté peu-à-peu du ſel de tartre très-pur, il s'eſt fait une vive efferveſcence, mais je n'ai point apperçu de précipité. Lorſque l'efferveſcence a ceſſé d'avoir lieu, j'ai

ceſſé d'ajouter de l'alkali fixe, & la quantité que j'avois employé pour la ſaturation s'eſt trouvée être d'une once & demie. J'ai filtré la liqueur, quoiqu'elle ne fût pas trouble, je l'ai fait évaporer le plus doucement qu'il m'a été poſſible. J'ai obtenu d'abord des cryſtaux d'un ſel neutre arſenical très-pur, tel que M. *Macquer* l'a fait en diſtillant le nitre avec l'arſenic; la liqueur étant évaporée aux trois quarts, je je l'ai verſée dans un autre vaiſſeau, dans lequel elle a dépoſé des cryſtaux de très-beau nitre mêlés de quelques petits cryſtaux de ſel neutre arſenical. Cette Expérience me détermine à croire, avec M. *Macquer*, que l'alkali fixe a la plus grande affinité poſſible avec l'arſenic, & que ſi j'ai réuſſi à faire un ſel neutre arſenical par la voie humide, c'eſt parce que l'alkali fixe s'unit par partie à l'arſenic, à meſure qu'il le dégage de l'acide auquel il étoit uni, comme cela a lieu dans la décompoſition du nitre diſtillé avec l'arſenic. Cette Expérience eſt remarquable en ce que l'effervеſcence dure juſqu'à ce qu'on ait mis aſſez d'alkali fixe dans la liqueur nitreuſe arſenicale, ce qui me fait croire que l'alkali fixe s'unit avec effervеſcence à l'arſenic comme aux acides, puiſque ce n'eſt que pendant qu'on ajoute l'alkali que ſe forme le ſel neutre arſenical. On peut d'ailleurs en juger par la quantité d'alkali, qui eſt beaucoup plus conſidérable qu'il ne faudroit pour ſaturer l'acide.

J'ai eſſayé de décompoſer la liqueur nitreuſe par l'intermède du foie de ſoufre, penſant que, dans le tems que l'alkali de cette ſubſtance s'uniroit avec l'acide nitreux, l'arſenic pourroit ſe combiner au ſoufre; mais j'ai été trompé dans mes eſpérances : le ſoufre ſe précipite tout ſeul, & la liqueur dans laquelle il nage étant filtrée & évaporée, ne donne que du ſel neutre arſenical & du nitre, comme dans l'opération précédente où je n'avois employé que de l'alkali fixe ſeul.

J'ai pris deux onces de diſſolution nitreuſe arſenicale rapprochée au point de la cryſtalliſation; &, après l'avoir

étendue dans quatre onces d'eau diſtillée, j'ai ſaturé avec une once & demie d'alkali volatil concret tiré du ſel ammoniac par l'alkali fixe; il s'eſt fait une efferveſcence des plus vives, & je n'ai point apperçu de précipité; j'ai néanmoins filtré la liqueur pour plus de précaution, & je l'ai laiſſée évaporer à une chaleur très-douce : j'ai obtenu des cryſtaux du ſel neutre arſenico-ammoniacal décrit par M *Macquer*, & les dernières portions de la liqueur miſes à évaporer ſéparément, m'ont donné du ſel ammoniacal nitreux. Ce procédé offre un moyen facile de faire aſſez abondamment le ſel neutre arſenico-ammoniacal qu'on ne peut obtenir par le procédé qu'a indiqué M. *Macquer* que difficilement, & en courant quelques dangers. Comme l'acide vitriolique ne ſe combine pas avec l'arſenic lorſqu'on le lui préſente directement, je voulus voir s'il s'y uniroit mieux, après que cette ſubſtance auroit été combinée à l'acide nitreux. Je pris donc deux onces de la liqueur nitreuſe arſenicale que je mêlai avec deux onces d'huile de vitriol; il ſe produiſit une très-grande chaleur, & il s'éleva quelques vapeurs blanches, ayant une odeur forte d'acide marin, (je dirai à l'occaſion de cette odeur, qu'elle ſe manifeſte toutes les fois que l'acide vitriolique eſt réduit en vapeurs, qui ne contiennent pas aſſez de phlogiſtique pour être dans l'état d'acide ſulphureux. Indépendamment de l'exemple préſent, M. *Macquer* l'a obſervé dans l'acide vitriolique diſtillé ſur l'arſenic; je l'ai auſſi remarqué en faiſant bouillir dans l'eau forte le tartre vitriolé pour le décompoſer, ſuivant le procédé de M. *Baumé.*) Le mêlange d'huile de vitriol & de liqueur nitreuſe arſenicale en ſe refroidiſſant, laiſſa dépoſer un petit précipité blanc peu ſenſible. Je mis le tout en diſtillation au bain de ſable dans une cornue de verre, à laquelle j'adaptai un récipient lutté avec le lut gras. A meſure que la liqueur de la cornue s'échauffoit, le précipité s'eſt rediſſous; j'ai retiré la moitié de la liqueur dans le récipient; cette liqueur étoit un acide vitriolique aſſez peu concentré; je l'ai ſaturé avec

du ſel de tartre & n'en ai retiré que du tartre vitriolé très-pur.

La liqueur de la cornue étoit claire étant chaude; mais, en refroidiſſant, elle a laiſſé dépoſer un ſel blanc peſant ſix gros. Ce ſel étoit ſurnagé par une liqueur acide parfaitement blanche & tranſparente; j'ai décanté cette liqueur, & quoiqu'elle ne peſât qu'une once un gros, elle abſorba une très-grande quantité de ſel de tartre, & ne fournit que du tartre vitriolé très-pur.

Le ſel, qui étoit reſté au fond de la cornue, étant fort ſurchargé d'acide vitriolique, je l'ai lavé & l'ai mis à égoutter; après quoi, l'ayant examiné, je n'ai trouvé que le nitre arſenical ſans aucune altération; ſa ſaveur cauſtique, ſa diſſolubilité dans quatre parties d'eau froide, ſa manière de ſe volatiliſer ſur les charbons, l'odeur qu'il exhale en brûlant & qui eſt particulière à ce ſel, auſſi-bien que les autres caractères dont j'ai fait mention plus haut, ne m'ont laiſſé aucune incertitude ſur ſa nature.

C'eſt je crois le premier exemple connu, qu'un ſel nitreux ne ſoit pas décompoſé par l'acide vitriolique, & ſi on joint à cette exception celle de la décompoſition du tartre vitriolé par l'acide nitreux qu'a obſervé M. *Baumé*, on reconnoîtra que plus les recherches des Chymiſtes ſeront multipliées, moins on trouvera en Chymie de régle générale.

Les Expériences me mettent à même d'aſſurer, premièrement, que l'acide vitriolique ne décompoſe pas le nitre arſenical, puiſqu'ayant retiré, par la diſtillation, tout l'acide vitriolique que j'avois employé, j'ai retrouvé, dans la cornue, le nitre arſenical ſans altération.

J'ajouterai, en ſecond lieu, que la chaleur qui réſulte des mêlanges de l'huile de vitriol avec la diſſolution nitreuſe arſenicale, n'eſt produite que par l'activité avec laquelle l'huile

de vitriol s'empare de l'humidité de la dissolution nitreuse, & que le dépôt qui se manifeste après que le mélange est refroidi, n'est dû qu'à une portion de nitre arsenical qui a été privée de son eau de dissolution.

Troisièmement, j'observerai que les premiers produits, qui passent dans la distillation, étant plus chargés d'humidité, le nitre arsenical privé par-là de toute son eau de dissolution, crystallise en totalité & d'une manière confuse, au milieu de l'huile de vitriol la plus concentrée que la distillation n'enlève pas.

J'ai tenté inutilement de décomposer le nitre d'arsenic par l'acide vitriolique en employant le secours des doubles affinités. Le tartre vitriolé, les vitriols de fer & de cuivre, n'y ont causé aucune altération; d'où je crois qu'on peut hardiment conclure que l'acide nitreux s'unit à l'arsenic & y adhère aussi fortement que l'acide vitriolique s'y combine peu.

Combinaisons de l'Acide marin à l'Arsenic.

M. *BRANDT* a annoncé cette combinaison, comme celles des acides vitrioliques & nitreux; mais il ne l'a pas plus circonstanciée; puisque, sans donner le degré de concentration de l'acide & sans indiquer le procédé qu'il a suivi, il se contente de dire que vingt-quatre parties d'esprit de sel dissolvent une partie d'arsenic.

L'acide dont je me suis servi avoit été retiré du sel marin par l'intermède de l'huile de vitriol à la manière de *Glauber;* son poids étoit à celui de l'eau comme 36 à 31. Ayant pris une once de chaux d'arsenic en poudre, je la mis dans un matras, & je versai pardessus deux onces d'acide marin qui ne l'attaquerent pas à froid; mais, en bouillant, la dissolution s'est faite avec rapidité. La liqueur chaude étoit jaune & transparente; mais, en refroidissant, elle a laissé

déposer des crystaux d'un blanc jaunâtre, surnagés d'une eau-mère d'une belle couleur jaune & semblable à une dissolution d'or fort chargée. J'ai séparé l'eau-mère de dessus le dépôt salin; &, ayant pesé séparément l'une & l'autre, j'ai trouvé six gros de dépôt salin, & dix gros d'eau-mère, une once s'étoit dissipée pendant l'opération.

Le dépôt salin a une saveur caustique, mais qui n'appartient qu'à une portion d'acide qui reste mêlée entre ses parties, puisqu'il perd entièrement ce goût par le lavage. Lorsqu'on le dissout dans l'eau, une assez grande quantité d'arsenic se précipite, & si, après avoir filtré la dissolution, on veut la faire évaporer, il se précipite encore une très-grande quantité d'arsenic & une portion se dissipe en vapeurs.

L'alkali fixe versé dans la dissolution de sel marin arsenical, y occasionne de l'effervescence; il se fait un petit précipité arsenical, la liqueur évaporée fournit du sel fébrifuge de *Sylvius*, qui, étant mis sur les charbons, décrépite foiblement & répand une très-légère odeur d'arsenic; l'eau-mère décantée de dessus le dépôt salin, n'est presque que de l'acide marin pur. Je l'ai saturée avec le sel de tartre; il ne s'est pas fait de précipité. J'ai filtré néanmoins la liqueur pour plus de précaution, j'ai fait évaporer, il s'est fait un petit précipité arsenical que j'ai séparé par une seconde filtration. En continuant d'évaporer je n'ai retiré que du sel fébrifuge de *Sylvius*, qui répandoit également une foible odeur d'arsenic lorsqu'on le posoit sur les charbons.

Ces Expériences tendent à prouver que l'acide marin s'unit un peu mieux à l'arsenic que ne le fait l'acide vitriolique, puisque le dépôt salin, qui se précipite par le refroidissement de la dissolution d'arsenic dans l'esprit de sel, retient assez d'acide pour être dissoluble dans l'eau en grande partie, & former avec l'alkali du tartre un sel fébrifuge de *Sylvius*, qui exhale, lorsqu'on le chauffe, des vapeurs d'arsenic.

L'eau mère, qui surnage le dépôt salin, contient également de l'arsenic en dissolution, puisque le fébrifuge qu'on retire après avoir saturé cette liqueur avec du sel de tartre, donne sur les charbons des vapeurs arsenicales.

Pour pouvoir déterminer au juste le rapport des différens acides avec l'arsenic, j'ai essayé de decomposer le sel marin arsenical par l'intermède des acides vitrioliques & nitreux. J'ai mis en conséquence dans une petite cornue de verre une certaine quantité de sel marin arsenical; j'ai versé pardessus une égale quantité d'huile de vitriol; j'ai distillé au bain de sable, & j'ai retiré tout l'acide vitriolique sans autre altération qu'une odeur sulphureuse, qui ne se manifeste pas lorsqu'on distille l'acide vitriolique sur le nitre d'arsenic, parce que, dans ce sel, aucune portion d'arsenic ne se trouve à nu, ce qui n'a pas lieu dans le sel marin arsenical; enfin le sel marin arsenical s'est trouvé au fond de la cornue avec la couleur jaunâtre qui lui est naturelle; ce sel avoit seulement retenu assez d'huile de vitriol pour rester en une fusion tranquille dans la cornue, au lieu de se volatiliser, comme cela lui arrive lorsqu'on le distille seul.

J'ai répété une Expérience semblable sur le sel marin arsenical, en me servant d'esprit de nitre. J'ai retiré, par la distillation, l'esprit de nitre chargé d'un peu d'esprit de sel & dans l'état d'eau régale. Ce qui restoit dans la cornue, étoit un véritable nitre arsenical.

J'ai tenté l'Expérience inverse, c'est-à-dire que j'ai essayé de décomposer le nitre arsenical par l'intermède de l'acide marin, comme j'avois tenté de le faire avec l'acide vitriolique. J'ai pris deux onces de la liqueur nitreuse arsenicale rapprochée au point de la crystallisation; j'ai versé dessus deux onces d'esprit de sel; le mêlange n'a occasionné ni chaleur ni précipité; seulement il a pris la teinte jaune de l'esprit de sel; je l'ai mis en distillation, & j'en ai retiré deux onces & demie d'un acide un peu jaunâtre ayant

tout-à-fait

tout-à-fait l'odeur de l'eſprit de ſel. J'ai ſaturé ce produit avec du ſel de tartre, & j'en ai retiré un véritable ſel fébrifuge de Sylvius qui, étant mis ſur les charbons, exhaloit une foible odeur d'arſenic.

La matière, qui reſtoit dans la cornue, étoit blanche, claire tranſparente & de la conſiſtance d'un mucilage de gomme arabique fort épais; elle peſoit une once; une demi-once s'étoit perdue pendant l'opération. Ce réſidu évaporé ne fournit que du nitre d'arſenic tout pur.

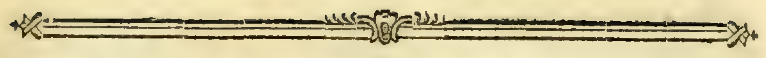
D'après ces Expériences, je crois pouvoir regarder comme une choſe démontrée que, de tous les acides, aucun n'a plus d'affinité avec l'arſenic que l'acide nitreux : après l'acide nitreux, c'eſt l'acide marin, qui diſſout l'arſenic & qui lui reſte uni avec une aſſez grande force; il faut obſerver, à l'égard de cet acide, qu'il volatiliſe toujours une aſſez grande portion d'arſenic, & qu'il n'attaque jamais cette ſubſtance que lorſqu'il a un grand degré de concentration : enfin l'acide vitriolique ne peut contracter de véritable union avec l'arſenic, ſoit qu'on lui faſſe diſſoudre directement cette ſubſtance, ſoit qu'elle ait été entamée par d'autres acides.

Tous les phénomènes que préſentent les acides unis à la chaux d'arſenic, ils les préſentent lorſqu'on les mêle au régule d'arſenic.

Pour terminer tout ce qui regarde l'union de l'arſenic aux acides, je devrois examiner la préparation de l'huile glaciale d'arſenic, ou beurre d'arſenic, dont pluſieurs bons Auteurs de Chymie ont fait mention, & pour lequel *Lemery* indique un procédé. Comme les tentatives que j'ai faites pour obtenir le beurre d'arſenic, ont été preſque toutes inutiles, & que je n'ai pu rien obtenir en employant le ſublimé corroſif avec l'arſenic blanc, ces deux ſubſtances ayant l'inconvénient de ſe volatiliſer preſqu'en même tems,

j'ai tenté de substituer l'Orpiment & le Réalgar à l'arsenic j'ai obtenu alors un acide fluide très-pénétrant & qui précipite avec l'eau; mais cet acide étoit en très-petite quantité. Je me propose d'examiner cette combinaison plus amplement, en traitant des combinaisons salines du mercure & de la décomposition du sublimé corrosif.





SECOND MÉMOIRE
SUR
LES COMBINAISONS SALINES
DE L'ARSENIC.

Par M. BUCQUET.

DANS MON PREMIER MÉMOIRE, j'ai examiné les combinaiſons de l'arſenic avec les acides minéraux. Je m'occupe, dans celui-ci, à faire connoître l'union de cette ſubſtance avec les acides végétaux du tartre & du vinaigre.

La combinaiſon de l'acide tartareux à l'arſenic n'a point encore été examinée, au moins les Auteurs qui ont écrit ſur l'arſenic, n'en ont rien dit; il n'en eſt pas même queſtion dans le Mémoire de M. *Brandt*, dans lequel cependant ce Chymiſte parle des diſſolutions de l'arſenic par les différens acides.

Le procédé que j'ai ſuivi, eſt le même que ſuivent beaucoup de Chymiſtes dans la préparation du tartre ſtibié. J'ai pris une demi-livre de crême de tartre réduite en poudre groſſière; je l'ai jetée dans cinq livres diſtillée bouillante, au bout de ſept à huit minutes, j'ai ajouté une demi-livre d'arſenic groſſièrement pulvériſé, il ne s'eſt pas fait d'effervеſcence marquée, mais il s'eſt élevé une aſſez grande quantité de bulles qui paroiſſoient annoncer que la combinaiſon ſe faiſoit; j'ai laiſſé la diſſolution bouillir environ un quart d'heure, & tout étant preſque diſſous, j'ai filtré, par le papier gris, la liqueur a paſſé claire, mais un peu jaunâtre, il eſt reſté ſur le filtre un gros & demi d'arſenic pur. La liqueur filtrée a laiſſé dépoſer une très-grande quantité de

petits cryſtaux blancs en aiguilles fines & aſſez peu régulières. La liqueur décantée de deſſus ce ſel, & évaporée, a fourni une nouvelle quantité de cryſtaux ſemblables aux premiers, & la liqueur de cette ſeconde cryſtalliſation évaporée & miſe à cryſtalliſer pour la troiſième fois, a donné encore de ſemblables cryſtaux; enfin les dernières portions de liqueurs ont donné un ſel, qui m'a paru un peu différent des autres, & que je crois être une portion de ſel végétal naturellement contenu dans la crème du tartre.

Le ſel tartareux arſenical a une ſaveur acide comme la crème de tartre; cette ſaveur acide eſt bientôt ſuivie de la ſaveur ſtiptique & rongeante de l'arſenic. Ce ſel expoſé à l'air, perd promptement ſon éclat & devient jaune à ſa ſurface. Il eſt beaucoup plus diſſoluble dans l'eau bouillante que dans l'eau froide; cinq parties d'eau bouillante ſuffiſent pour en diſſoudre une partie, l'eau froide n'en diſſolvant guère qu'un trentième de ſon poids.

Le ſel tartareux arſenical eſt facilement décompoſé par l'action du feu, ſoit à l'air libre, ſoit dans les vaiſſeaux clos. J'ai expoſé ſur les charbons ardents les premiers cryſtaux de ce ſel; ils ſe ſont bourſouflés conſidérablement, & ont commencé par répandre quelques vapeurs purement arſenicales, qui ont été bientôt ſuivies par des vapeurs parfaitement ſemblables à celles que fournit la crème de tartre pure lorſqu'on la fait brûler; il eſt reſté une matière charbonneuſe rare & ſpongieuſe, qui a fini par ſe réduire en cendres ſans donner de vapeurs. Le ſel de la dernière cryſtalliſation expoſé ſur les charbons ardens, donne très-peu de vapeurs arſenicales, & laiſſe, après ſa combuſtion, un charbon conſidérable.

J'ai mis quatre onces de ſel tartareux arſenical dans une cornue de verre luttée que j'ai placé dans un fourneau de reverbère; &, après avoir ajuſté un récipient, j'ai diſtillé très-lentement. Il a paſſé d'abord une eau rouſſeâtre, ayant une odeur légère, & aſſez agréable de ſucre brulé; cette eau a

laiſſé dépoſer, dans le récipient, quelques cryſtaux blancs aſſez irréguliers. Lorſque j'ai vu qu'il ne paſſoit plus de vapeurs, j'ai retiré ce premier produit, & en pouſſant le feu un peu plus fortement, j'ai obtenu une nouvelle quantité de liqueur aqueuſe ayant l'odeur forte, & empyreumatique, qui a coutume de ſe faire ſentir dans la diſtillation de la crême de tartre. Je n'ai apperçu, dans toute cette diſtillation, rien qui reſſemblât a de l'huile. Après avoir retiré tous les produits fluides, il s'eſt ſublimé, dans le col de la cornue, une matière noire, dont une portion a paſſé juſques dans le récipient; j'ai entretenu la cornue bien rouge pendant deux heures, après leſquelles j'ai éteint le feu. Les vaiſſeaux étant parfaitement refroidis, j'ai examiné les produits & le réſidu de mon opération. Le premier produit, dont l'odeur étoit celle du ſucre brûlé, avoit une ſaveur ſenſiblement acide, il a rougi le ſyrop de violettes & fait efferveſcence avec les alkalis. Les cryſtaux, qui s'étoient précipités au fond de ce premier produit, étoient également acides; j'en ai mis ſur les charbons ardents, ils ont donné d'abord une foible odeur arſenicale, ils ont répandu enſuite des vapeurs de pure crême de tartre, & ſe ſont convertis en un charbon compact. Le ſecond produit, dont l'odeur étoit forte & empyreumatique, étoit également très-acide. La matière ſublimée dans le col des vaiſſeaux, étoit un régule d'arſenic très-pur & en très-grande quantité. Il reſtoit dans la cornue un charbon, qui n'étoit pas compact comme celui de la crême de tartre pure, mais léger, ſpongieux & très-volumineux, reſſemblant beaucoup au charbon qui reſte après la diſtillation du ſucre. J'ai leſſivé ce charbon avec une petite quantité d'eau diſtillée froide; la leſſive filtrée & évaporée, m'a donné de l'alkali fixe déliqueſcent. J'ai fait bouillir dans une beaucoup plus grande quantité d'eau diſtillée, le charbon qui avoit été leſſivé à froid. La décoction filtrée & évaporée m'a donné de véritable ſel tartareux arſenical.

Cette décompoſition, préſente pluſieurs phénomènes qui méritent d'être conſidérés avec attention. Premièrement, elle prouve qu'il y avoit véritablement union, entre la crème, de tartre & l'arſenic. Secondement, que cette union, n'eſt pas ſi intime, que le feu ne puiſſe la détruire. Troiſièmement, que l'arſenic paroit donner un certain degré de volatilité à la crème de tartre, puiſqu'une partie de ce ſel paſſe, avec les premières portions d'humidité. Quatrièmement, que l'huile de la crème de tartre, qui ne s'eſt pas volatiliſée, a été, pour ainſi dire, décompoſée, par la chaux d'arſenic, le principe inflammable de cette huile, en s'uniſſant à la chaux métallique la réduit en régule, & les autres principes ont ſervi à former le charbon, qui ſe trouve au fond de la cornue après l'opération. A l'égard de l'alkali fixe qu'on retire en leſſivant le charbon à froid, il paroit être le même que celui qui reſte après la diſtillation de la crème de tartre pure, & le ſel tartareux arſenical, que j'ai retiré par la décoction de ce charbon, n'eſt qu'une petite portion non décompoſée du ſel que j'avois mis en Expérience.

J'ai eſſayé de décompoſer le ſel tartareux arſenical, par tous les moyens employés pour décompoſer les ſels tartareux à baſe métallique, c'eſt-à dire, à l'aide des acides plus forts que la crème de tartre, & à l'aide des alkalis qui ont plus d'affinité avec l'acide tartareux, que n'en ont les matières métalliques.

J'ai pris quatre onces de diſſolution tartareuſe arſenicale, rapprochée au point de la cryſtalliſation; j'y ai verſé deux onces d'huile de vitriol bien concentrée, il s'eſt produit une chaleur des plus conſidérable, le melange eſt devenu trouble; &, en refroidiſſant, il a dépoſé, une matière cryſtalline blanche, qui, miſe ſur les charbons, a répandu des vapeurs arſenicales en très-grande quantité; cette matière a été

aſſez long-tems à ſe volatiliſer, parce qu'elle étoit ſurchargée d'une portion d'acide vitriolique qui lui avoit communiqué de la fixité; mais, l'ayant leſſivée exactement, je l'ai volatiliſée très-promptement à l'air libre & dans les vaiſſeaux clos, & je puis aſſurer que c'étoit de l'arſenic très-pur. J'ai mis en diſtillation, dans une cornue de verre, la liqueur que j'avois décantée de deſſus ce dépôt arſenical, j'en ai retiré environ la moitié, ce n'étoit qu'un phlegme dont l'acidité n'étoit preſque pas ſenſible, il rougiſſoit cependant le ſirop de violettes, mais il ne faiſoit pas efferveſcence avec les alkalis; j'ai verſé dans une capſule ce qui reſtoit dans la cornue, & par le refroidiſſement, j'ai obtenu une petite quantité de matière blanche, que j'ai dépouillée par le lavage de l'acide qui pouvoient y être adhérent. Cette matière s'eſt trouvée être de l'arſenic très-pur. J'ai ſoumis de nouveau, à la diſtillation, la liqueur acide qui avoit laiſſé dépoſer cette ſeconde quantité d'arſenic, j'en ai retiré à-peu-près la moitié; ce n'étoit encore qu'un phlegme aſſez peu acide, quelques grains de ſel de tartre ont ſuffi pour le ſaturer. Ce qui reſtoit dans la cornue avoit une couleur noire, & un aſſez grand degré de fixité; néanmoins, à l'aide d'un feu capable de rougir le fond de la cornue, je ſuis parvenu à faire paſſer tout ce qu'il y avoit de fluide; ce produit étoit un acide vitriolique ſulphureux, qui ne s'eſt pas trouvé dans un grand degré de concentration, puiſqu'il n'a abſorbé que ſon poids de ſel de tartre pour être parfaitement ſaturé. J'ai fait évaporer le mêlange de cet acide & d'alkali fixe, & j'en ai retiré du tartre vitriolé parfaitement pur. Ce qui reſtoit dans la cornue, après la diſtillation, étoit une matière ſolide, ayant la tranſparence du verre, & reſſemblant aſſez parfaitement à une gomme bien deſſéchée. M. *Margraff*, dans les Mémoires de l'Académie de Berlin, en rendant compte des Expériences qu'il a faites pour retirer, à l'aide des acides minéraux, l'alkali fixe contenu dans la crême de tartre,

dit que ce ſel mêlé à l'acide vitriolique, forme une maſſe mucilagineuſe dont on a beaucoup de peine à retirer un ſel bien figuré. Ce réſidu ſec & ayant l'apparence d'une gomme, ſe détache facilement de la cornue; il eſt très-fragile, ſa ſaveur eſt fortement acide, expoſé à l'air, il en attire très-promptement l'humidité & ſe réſout en liqueur; mis ſur les charbons ardents, il devient liquide & ſe diſſipe en vapeurs, qui n'ont aucun caractère arſenical.

Les phénomènes qui ſe préſentent dans cette Expérience ſont très-ſinguliers. Premièrement, l'acide vitriolique, qui, ſuivant la loi générale des affinités, devroit en qualité d'acide plus puiſſant s'unir à l'arſenic & en ſéparer la crême de tartre, ſe joint au contraire à cette dernière ſubſtance, & donne ainſi lieu au dégagement de l'arſenic; ce qui prouve d'une manière bien évidente le peu de diſpoſition que l'acide vitriolique & l'arſenic ont à s'unir enſemble. Propoſition que j'ai établie & prouvée dans mon premier Mémoire. Secondement, il paroît que la crême de tartre produit de grandes altérations ſur l'acide vitriolique, & qu'elle eſt elle-même entièrement décompoſée, puiſque de deux onces d'huile de vitriol & à-peu-près pareille quantité de crême de tartre, qui devoit ſe trouver dans le ſel tartareux arſenical, je n'ai retiré qu'une once de liqueur d'un acidité aſſez médiocre, & telle qu'un égal poids de ſel alkali fixe ſuffiſoit pour une exacte ſaturation. A l'égard de la matière ſolide reſtée dans la cornue, elle ne peſoit qu'environ un demi-gros. La petite quantité que j'en ai obtenu m'a empêché de la ſoumettre à des examens plus détaillés. Le caractère ſulphureux du produit de la diſtillation, paroît dépendre du phlogiſtique de la crême de tartre qui s'eſt uni à l'acide vitriolique; néanmoins le ſel que j'ai obtenu, par la ſaturation de cette liqueur acide avec le ſel de tartre, ne m'a pas paru différer du tartre vitriolé. M. *Pott* avoit dit que, d'un mélange d'huile de vitriol & de crême de tartre, on retiroit, par la diſtillation, d'abord un acide du

tartre

tartre très-actif, & ensuite de l'acide sulphureux. M. *Venel* a assuré que ce prétendu acide du tartre, n'étoit qu'un véritable acide nitreux ; je n'ai rien pu voir de semblable.

L'acide nitreux ayant beaucoup plus d'analogie avec l'arsenic que l'acide vitriolique, je pensai qu'il pourroit bien décomposer le sel tartareux arsenical. Je pris en conséquence quatre onces d'esprit de nitre, que je mêlai avec une pareille quantité de dissolution tartareuse arsenicale rapprochée au point de la crystallisation, le mêlange se fit sans chaleur, &, au bout de douze heures, je trouvai la surface du vaisseau qui le contenoit, couverte de petits crystaux, que je lavai avec un peu d'eau froide. Ces crystaux, après le lavage, avoient conservé une saveur piquante mêlée à la saveur d'arsenic, j'en exposai sur les charbons ardens, ils se dissiperent en répandant des vapeurs blanches arsenicales, telles qu'a coutume d'en répandre le nitre d'arsenic, il ne s'est point manifesté d'odeur de crême de tartre, & je n'ai point vu de résidu charbonneux. La liqueur que j'ai décantée de dessus ce nitre arsenical étoit fort rousse, je l'ai mise en distillation dans une cornue de verre au bain de sable, j'ai retiré environ la moitié du produit; ce n'étoit qu'un phlegme légèrement acide, puisque quatre onces ont été saturées par deux gros de sel de tartre. Cette liqueur évaporée a fourni des crystaux de nitre très-pur. Ce qui restoit dans la cornue étoit parfaitement blanc, il s'en élevoit beaucoup de vapeurs blanches ayant l'odeur de l'acide marin, & rien ne s'en est précipité par le refroidissement. J'ai continué de distiller jusqu'à siccité. Sur la fin de l'opération, il a passé des vapeurs rouges mais qui se condensoient aisément. J'ai trouvé dans le ballon, après la distillation, environ trois onces d'un acide verdâtre légèrement fumant. Cet acide saturé par du sel de tartre, m'a donné des crystaux de nitre très-purs. La matière restée dans la cornue étoit blanche & compacte. Je l'ai lavée avec une petite quantité d'eau distillée froide; elle a

conſervé la ſaveur piquante & arſenicale du nitre d'arſenic. Je l'ai diſſoute dans quatre parties d'eau froide, & j'en ai obtenu des cryſtaux de nitre d'arſenic très-purs. Cette matière lavée & miſe ſur les charbons, s'eſt diſſipée en répandant les vapeurs blanches arſenicales que répand le nitre d'arſenic en brûlant, & elle a été comme ce ſel aſſez long-temps, avant d'être entièrement diſſipée.

L'acide nitreux, que j'ai employé dans cette Expérience, ayant beaucoup d'affinité avec l'arſenic, s'empare de cette ſubſtance, & la ſépare d'avec la crême de tartre, une portion de nitre d'arſenic cryſtalliſe d'abord, l'autre portion reſte en diſſolution dans l'acide conjointement avec la crême de tartre, laquelle diſparoît dans le progrès de la diſtillation, au point qu'on n'en retrouve aucun veſtige ni dans le produit, ni dans le réſidu, qui n'eſt qu'un vrai nitre arſenical.

L'eſprit de ſel eſt en état de décompoſer le ſel tartareux arſenical, comme le fait l'eſprit de nitre, & il cauſe auſſi quelqu'altération à la crême de tartre. J'ai mêlé quatre onces de diſſolution tartareuſe arſenicale rapprochée au point de la cryſtalliſation, avec quatre onces d'eſprit de ſel. Le mêlange ne s'eſt point échauffé, mais il eſt devenu trouble, &, au bout de douze heures, j'ai trouvé l'intérieur du vaiſſeau, qui le contenoit, enduit d'une croûte ſaline, jaunâtre & épaiſſe, que j'ai reconnu ſans peine pour du ſel marin arſenical; l'examen que j'en ai fait, ne m'a laiſſé aucun doute ſur cet objet. J'ai décanté la liqueur qui ſurnageoit ce ſel, je l'ai miſe en diſtillation dans une cornue de verre, & j'en ai retiré la moitié. Ce n'étoit qu'une liqueur blanche qui n'étoit pas fortement acide, puiſque deux gros d'alkali fixe du tartre ont ſuffi pour la ſaturer complétement, j'en ai obtenu du ſel fébrifuge de *Sylvius*. La liqueur qui reſtoit dans la cornue étoit d'un jaune foncé & légèrement fumante; elle n'a rien dépoſé par le refroiſſement. J'ai

continué de diſtiller juſqu'à ſiccité. Le produit de la diſtillation étoit parfaitement blanc, & n'a abſorbé que trois gros de ſel de tartre. J'ai fait évaporer ce produit ſaturé, & j'en ai obtenu du ſel fébrifuge de *Sylvius*. L'intérieur de la cornue, qui avoit ſervi à cette opération, ſe trouvoit enduit d'une légère couche charbonneuſe qui paroît dûe à une portion de crême de tartre. Mais cet enduit étant extrêmement petit en comparaiſon de la crême de tartre, qui étoit entrée dans le mêlange, on ne peut s'empêcher de croire que, dans cette opération, la crême de tartre a été détruite comme dans les autres, & s'eſt aſſimilée à l'acide minéral qui a opéré ſa décompoſition.

La propriété qu'ont les acides minéraux de décompoſer ainſi la crême de tartre, ſans en paroître altérés, me paroît bien mériter des recherches particulières auxquelles je compte me livrer inceſſamment.

Les ſels alkalis décompoſent facilement le ſel tartareux arſenical, mais il n'eſt pas indifférent de combiner ces deux ſels d'une manière ou d'une autre. J'ai verſé quatre onces d'huile de tartre par défaillance ſur pareille quantité de diſſolution tartareuſe arſenicale rapprochée au point de la cryſtalliſation, il ne s'eſt fait ni effervefcence, ni précipité. J'ai évaporé la liqueur, & n'en ai obtenu qu'une maſſe très-ſenſiblement alkaline; on y diſtinguoit cependant la ſaveur de l'arſenic, & cette dernière ſubſtance ſe manifeſtoit lorſqu'on mettoit un peu de la maſſe ſur les charbons ardens. J'eſſayai d'expoſer à l'air une partie de la maſſe d'alkali & de tartre arſenical, penſant qu'à l'aide de l'humidité que reprend l'alkali, je pourrois le ſéparer du ſel arſenical; mais j'ai fait d'inutiles tentatives; toute la maſſe paroît avoir le même degré de diſſolubilité, & elle s'eſt réſoute entièrement en liqueur dans un eſpace de temps fort court. J'ai eſſayé de ſaturer l'excès d'alkali par de l'acide nitreux, obſervant de ne pas mettre plus d'acide qu'il n'en falloit pour

ſaturer l'alkali ſurabondant; j'eſpérois qu'après avoir retiré le nitre que je venois de former, je pourrois obtenir le ſel arſenical pour l'examiner à mon aiſe; mais ce dernier moyen n'a pas mieux réuſſi que le premier. J'ai obtenu des cryſtaux de nitre parfaitement bien figurés; ces cryſtaux étoient ſeulement d'un blanc plus mat que ceux de nitre pur, même ceux que j'avois retirés par la première cryſtalliſation; j'en ai mis ſur les charbons ardens, ils ont détonné avec beaucoup de rapidité en répandant une très-forte odeur d'arſenic. N'ayant pas pu réuſſir à décompoſer le ſel tartareux arſenical à l'aide de l'alkali fixe, lorſque j'ai uni ces deux ſels en liqueur, je pris quatre onces de ſel tartareux arſenical & deux onces d'alkali du tartre bien ſec, je les triturai enſemble dans un mortier de marbre, & je verſai peu-à-peu ſur le mêlange huit onces d'eau bouillante diſtillée. A chaque fois que j'ajoutois de nouvelle eau, il ſe faiſoit une vive efferveſcence. Lorſque j'ai ceſſé d'appercevoir ce mouvement, j'ai filtré la liqueur qui a paſſé claire, il eſt reſté ſur le filtre un réſidu qui étoit compoſé d'une très-grande quantité d'arſenic pur, & d'un peu de ſel tartareux arſenical que l'eau n'avoit point diſſous. Je m'en ſuis aſſuré en expoſant ce réſidu ſur les charbons ardens; il s'eſt diſſipé preſque entièrement en vapeurs blanches, & il n'eſt reſté qu'une fort petite quantité de matière charbonneuſe appartenante à la crème de tartre. La liqueur filtrée n'a rien dépoſé; je l'ai fait évaporer juſqu'à pellicule, & par le refroidiſſement j'ai obtenu des cryſtaux de ſel végétal, qui, quoique petits, étoient néanmoins très-réguliers. L'eau-mère qui les ſurnageoit, évaporée à pellicule, a également donné du ſel végétal. Ce ſel, mis ſur les charbons, n'a donné aucune odeur arſenicale; ce qui prouve que l'alkali fixe, en s'uniſſant à la crème de tartre, en avoit bien exactement ſéparé tout l'arſenic.

J'ai décompoſé le ſel tartareux arſenical auſſi aiſément par l'alkali volatil que par l'alkali fixe, en mêlant & tritu-

rant ensemble deux onces de sel tartareux arsenical, & une once de sel alkali volatil tiré du sel ammoniac par l'alkali fixe. J'ai étendu le mêlange dans huit onces d'eau distillée bouillante, l'effervescence s'est produite & la plus grande partie de la masse s'est dissoute. J'ai filtré pour séparer la liqueur claire de la portion de sel non dissoute; cette portion restée sur le filtre, contenoit beaucoup d'arsenic pur & une portion de sel tartareux arsenical. La liqueur claire évaporée n'a fourni que du sel ammoniacal tartareux, qui, étant mis sur les charbons, ne répand point d'odeur arsenicale sensible.

J'ai essayé de décomposer le sel arsenical par la voie des doubles affinités. Je n'ai pas employé le tartre vitriolé, bien convaincu par les Expériences rapportées dans mon premier Mémoire; & par celles que j'ai annoncées, dans celui-ci, que son acide, n'ayant aucune disposition à s'unir à l'arsenic, même à l'aide des affinités doubles, ce sel ne pourroit souffrir aucune altération. Mais, comme il n'en est pas de même de l'acide nitreux, je crus pouvoir réussir en mêlant en égale proportion une dissolution de sel tartareux arsenical & une dissolution de nitre, toutes deux au point de la crystallisation. Il ne s'est pas fait de précipité dans ce mêlange, & j'en ai obtenu des crystaux qui, par leur forme & leur transparence, ne différoient en rien des crystaux de nitre pur. Je les ai exposés sur les charbons ardens, ils ont vivement détonné & ont répandu beaucoup de vapeurs arsenicales, la liqueur décantée de dessus ces crystaux, en a fourni de nouveaux aussi réguliers que les premiers, mais d'un blanc plus mat; ils détonnoient également avec beaucoup de rapidité, en répandant des vapeurs arsenicales. Enfin la dernière eau-mère a encore fourni un sel en aiguilles qui détonnoit sur les charbons, en répandant l'odeur de l'arsenic. Cette Expérience, & une autre que j'ai rapportée plus haut, en parlant des tentatives que j'ai faites pour décomposer le sel tartareux arsenical par l'alkali fixe

me font croire que le sel tartareux arsenical se combine assez bien avec le nitre, & qu'il n'est pas possible de séparer ces deux sels, au moins en n'employant que la voie des dissolutions & crystallisations. Au reste, il n'est pas nécessaire de recourir aux doubles affinités pour décomposer le sel tartareux arsenical, puisque tous les acides minéraux & les sels alkalis soit fixes, soit volatils le décomposent.

J'observerai seulement qu'il y a entre le nitre & l'arsenic un rapport singulier, & que de tous les sels neutres, à base d'alkali, que j'ai présenté à l'arsenic, il n'y a que les sels nitreux dont la base puisse faire le sel neutre arsenical; ce qui sembleroit indiquer que l'acide nitreux agit sur l'alkali fixe qui lui sert de base, ou sur l'arsenic d'une manière toute particulière, & qui n'a point encore été déterminée.

Combinaison de l'Acide du Vinaigre à l'Arsenic.

M. *BRANDT* dit, dans les Actes de l'Académie d'Upsal, que soixante-dix ou soixante-quinze parties de vinaigre distillé dissolvent une partie d'arsenic. On seroit en droit de croire, d'après cet énoncé, que l'acide du vinaigre est en état de se combiner à l'arsenic; ce qui cependant n'est pas exact comme le démontrent les Expériences suivantes. J'ai pris deux livres de bon vinaigre distillé, que j'ai versé dans une cornue de verre dans laquelle j'avois mis deux onces d'arsenic en poudre; j'ai ajouté un récipient au bec de la cornue, & j'ai fait bouillir sur un bain de sable. J'ai retiré environ un quart du vinaigre que j'avois employé, & j'ai filtré la liqueur de la cornue pour la séparer de la portion d'arsenic qui n'étoit pas dissoute. Cette liqueur filtrée a laissé déposer par le refroidissement une croûte saline mince, dans laquelle on découvre quelques petits crystaux; ce dépôt qui est d'un gris tirant sur le jaune, m'a paru parfaitement semblable à la crystallisation qu'on obtient lorsqu'on a fait dissoudre l'arsenic dans l'eau bouillante. J'ai mêlé la

liqueur que j'ai retirée de deſſus ce ſel, avec la portion de vinaigre que j'avois raſſemblée dans le récipient pendant la diſſolution de l'arſenic; j'ai fait bouillir ce mêlange ſur ce qui reſtoit d'arſenic à diſſoudre, j'y ai même ajouté une demi-once d'arſenic nouveau; le tout a été complétement diſſous; le ſel que j'ai obtenu par cette ſeconde opération étoit parfaitement ſemblable à celui que j'avois eu d'abord. J'ai goûté ce prétendu ſel acéteux arſenical; il avoit une ſaveur de vinaigre aſſez ſenſible, mais cette ſaveur a diſparu par le lavage; je conjecturai, dès-lors, que le ſel que j'avois obtenu, pouvoit bien n'être que de l'arſenic pur; j'en fus convaincu par les épreuves auxquelles je le ſoumis. J'en ai expoſé ſur les charbons, après l'avoir bien lavé; il s'eſt diſſipé très-promptement en vapeurs blanches, purement arſenicales. J'ai mis deux onces de ce ſel non lavé, en diſtillation dans une cornue de verre luttée; je n'ai retiré d'abord qu'un peu de phlegme ayant une légère odeur de vinaigre & preſque point de ſaveur; cette liqueur rougiſſoit légèrement le Sirop de Violettes, & elle n'a point fait efferveſcence, avec le ſel de tartre. Après avoir obtenu à-peu-près un gros de ce phlegme, le col de la cornue s'eſt rempli d'une poudre blanche très-fine, quelques petits cryſtaux ſe ſont ſublimés à ſa partie ſupérieure, & rien n'eſt reſté dans le fond. La poudre & les petits cryſtaux examinés avec ſoin, ne m'ont paru être que de l'arſenic pur. Je penſe que le peu de phlegme acidule que j'ai retiré, venoit d'une portion de vinaigre reſtée à la ſurface des cryſtaux.

J'ai pris une demi-once du prétendu ſel acéteux arſenical, j'ai fait bouillir deſſus une once d'huile de vitriol; le tout s'eſt diſſous; mais, en refroidiſſant, la matière s'eſt dépoſée ſous la forme de gros cryſtaux, ainſi qu'il arrrive à l'arſenic pur diſſous dans l'huile de vitriol; ces cryſtaux lavés ſe ſont trouvés effectivement n'être que de l'arſenic.

Les acides nitreux & marin ont diſſous le prétendu ſel

acéteux arſenical. Le premier de ces acides a formé avec lui du nitre d'arſenic, & le ſecond un ſel marin arſenical. On objectera, peut-être, que ces acides ont pu décompoſer le ſel acéteux arſenical, & qu'après avoir chaſſé l'acide du vinaigre, ils ſe ſont emparés de ſa baſe. Cette objection, qui pourroit avoir lieu dans le cas où j'ai employé les acides nitreux & marin, ne peut être juſtement appliquée lorſque je me ſuis ſervi d'huile de vitriol, puiſque ce dernier acide n'a aucune affinité avec l'arſenic, & qu'il ne décompoſe pas les ſels arſenicaux.

L'alkali fixe, que j'ai fait bouillir ſur le prétendu ſel acéteux arſenical, le diſſout; mais il forme avec lui un foie d'arſenic que les acides précipitent facilement; ce qui contribue encore à prouver que ce prétendu ſel n'eſt autre choſe que de l'arſenic.

J'ai fait bouillir du ſel tartareux arſenical dans de bon vinaigre diſtillé, pour voir ſi cet acide plus puiſſant que la crême de tartre, pourroit la dégager & s'emparer de l'arſenic, lorſque cette ſubſtance auroit été déjà entamée par un acide végétal; mais l'union ne s'en eſt pas mieux faite, le ſel s'eſt parfaitement diſſous; mais, par le refroidiſſement, il s'eſt cryſtalliſé, & ſes cryſtaux ont répandu en brûlant l'odeur de l'arſenic ſuivie de l'odeur de la crême de tartre brûlée. Ils ont laiſſé un charbon conſidérable.

Ces Expériences ſuffiſent, je crois, pour démontrer que le vinaigre ne ſe combine pas à l'arſenic, & s'il diſſout cette ſubſtance, c'eſt en raiſon de l'humidité qu'il contient, & c'eſt de la même manière qu'il diſſout le ſel tartareux arſenical. Je penſe d'après cela qu'on peut établir les affinités des acides avec l'arſenic, dans l'ordre ſuivant : l'acide nitreux; l'acide marin; la crême de tartre. A l'égard de l'acide vitriolique & de vinaigre, je penſe d'après ce que j'en ai vu juſqu'à préſent, qu'ils ne s'y combinent en aucune manière.

ANALYSE



ANALYSE DES EAUX DE LA FONTAINE DE MONTMORENCI.

Par M. le VEILLARD.

Présentée le 7 Août 1771.

M. MACQUER a déjà fait un léger Examen de ces Eaux *; mais ses occupations importantes & multipliées l'ayant empêché de lui donner l'étendue dont il le croyoit susceptible, il m'a lui-même engagé à l'entreprendre, & c'est le résultat de ce travail dont je vais avoir l'honneur de vous rendre compte.

La digue de l'étang de S. Gratien, près de Montmorenci, est fort longue & percée de deux arches édifiées sur des massifs de pierre-de-taille, qui se terminent en glacis du côté opposé à l'étang; l'objet de ces arches est de permettre l'écoulement du trop plein.

Plusieurs sources sulphureuses se trouvent le long de la digue; mais au bas des arches, à l'extrémité du massif de pierre de taille sur lequel elles sont fondées, de dessous son glacis, & entre les pilotis sur lesquels il est établi, sourcille la plus considérable, celle dont je me propose de donner ici l'analyse; son odeur de foie de soufre se fait sentir de très-loin; la surface de l'Eau & les différentes matières sur lesquelles elle coule sont blanchies par le dépôt sulphureux qu'elle donne, dont une partie surnage & l'autre se précipite; en plusieurs endroits, ce dépôt prend diverses couleurs, on voit des pierres

* Le P. Cotte de l'Oratoire, Correspondant de l'Académie, est celui qui les a fait connoître le premier.

& des feuilles colorées du plus beau violet, de jaune & de verd; mais ces couleurs ne sont que la superficie du dépôt, le dessous est d'un noir très-foncé.

Cette source est abondante, elle coule dans un lit large d'environ deux pieds, & va se jeter assez près de son origine dans le ruisseau qui sort de l'étang au-dessous d'un moulin; je n'ai trouvé d'autre plante dans tout son cours que des joncs, & je n'y ai vu d'animal vivant que le ver à queue de souris; cependant des grenouilles que j'y ai plongées & tenues assez long-temps, n'ont donné aucun signe de souffrance.

A l'endroit où l'Eau sourcille, on apperçoit au côté des pilotis qu'elle baigne, une matière saline grimpante & comme efflorescente, dont le goût est sensiblement acide & vitriolique.

D'après cet exposé, trois choses paroissent importantes à examiner, l'Eau, le Sel grimpant & le Dépôt.

Analyse de l'Eau.

Le Baromètre étant à 28 pouces, une ligne, je plongeai deux Thermomètres de Réaumur, l'un dans la Fontaine, l'autre dans l'Eau de l'étang, tous deux à 9 $\frac{3}{4}$ degrés au-dessus de zéro à l'air libre, celui de l'étang descendit à 9, & celui de la fontaine monta à 10 $\frac{1}{2}$ degrés au-dessus du zéro.

Le Baromètre étant à 28 pouces demi-ligne, le Thermomètre a 8 $\frac{3}{4}$ degrés au-dessus de zéro, les Eaux à la même température, le grand Aréomètre de M. de Parcieux est descendu dans l'Eau distillée de six pouces 9 $\frac{1}{2}$ lignes, dans l'Eau de Seine claire de six pouces & dans l'Eau de Montmorenci de quatre pouces deux lignes & demie, & une bouteille contenant, pleine, une livre, 14 onces, 7 gros, 18 grains d'Eau distillée, & une livre 14 onces, 7 gros, 33 grains d'Eau de Seine claire,

contenoit de celle de Montmorenci une livre, 14 onces, ſept gros, 49 grains.

Je remplis de cette Eau une bouteille contenant environ 14 pintes, j'en vidai le goulot auquel j'attachai une veſſie vide & mouillée ; l'Eau agitée y produiſit un gonflement très-ſenſible.

Quelques gouttes d'eſprit de nitre verſées dans l'Eau, ont ſenſiblement augmenté ſon odeur de foie de ſoufre ; la teinture de noix de galle & le foie de ſoufre n'ont produit aucun effet ; l'eſprit-de-vin a diminué l'odeur de foie de ſoufre.

La liqueur colorante du bleu de Pruſſe a d'abord jauni l'Eau, mais cette couleur s'eſt diſſipée.

La teinture de tourneſol a légèrement rougi.

L'alkali fixe a produit ſur-le-champ une couleur brune, & la liqueur s'eſt troublée.

L'alkali volatil par l'alkali fixe, a fait un précipité blanc très-léger ; mais celui par la chaux n'a produit aucun effet.

La diſſolution d'argent, celle de Mercure, le vinaigre de Saturne, une ſolution de vitriol vert, les nouvelles Eaux de Paſſy, ont été ſur-le-champ précipités en noir très-foncé. Il eſt bon de remarquer que la ſolution de vitriol martial, ſi on en verſe une très-grande quantité, noircit bien d'abord, mais qu'elle jaunit enſuite, vraiſemblablement parce que l'acide ſurabondant du vitriol eſt alors en aſſez grande quantité pour diſſoudre la partie martiale colorée d'abord par la vapeur de foie de ſoufre ; & ce ſentiment eſt d'autant plus probable, que la liqueur redevient noire ſi on la ſurcharge d'une doſe conſidérable d'Eau de la fontaine.

Tous ces différens mêlanges ayant été faits à la fontaine, je voulus voir combien de tems l'Eau pouvoit conſerver ſa vapeur de foie de ſoufre ; pour cet effet, j'en mis dans différentes

bouteilles bien bouchées, excepté une que je laissai exprès sans bouchon : je les exposai à l'air libre & au Soleil, & j'en laissai à la cave quinze bouchées de même, excepté une, dans le dessein d'essayer chaque jour l'Eau des bouteilles débouchées, & celle d'une des autres, jusqu'à ce que, tant à l'odorat qu'avec les différentes solutions métalliques, elle ne donnât aucun indice de foie de soufre.

Les observations suivantes sur le Thermomètre & le Baromètre, ont été faites à deux heures après midi.

La bouteille débouchée & laissée à l'air libre, se troubla dès le lendemain, & ne redevint limpide que le quatrième jour, après avoir laissé tomber un dépôt légèrement coloré en brun, que divers essais me firent reconnoître pour une terre calcaire entièrement soluble avec effervescence dans les acides, trois pintes d'Eau m'ont donné par la suite près d'un grain de dépot semblable; en trois jours la même bouteille avoit perdu par degré son odeur & la faculté de teindre les solutions métalliques, celle d'argent fut la seule qu'elle colora légèrement en brun, & cette teinture même ne se fit appercevoir que le lendemain de l'infusion ; le Baromètre varia, pendant ces quatre jours, de 27 pouces, sept $\frac{3}{4}$ lignes à 28 pouces, & le Thermomètre de 20 $\frac{3}{4}$ dégrés à 17 au-dessus de zéro.

Les bouteilles bouchées & laissées à l'air, resterent limpides & conservèrent, tant à l'odorat, qu'avec les solutions métalliques, les propriétés du foie de soufre jusqu'au huitième jour qu'elles se troublèrent ; elles déposèrent & s'éclaircirent le treizième, & ne teignirent plus dès le douzième ; la hauteur du Baromètre ayant été pendant cet intervalle, entre 27 pouces 5 $\frac{3}{4}$ lignes & 28 pouces 1 ligne, & celle du Thermomètre entre 14 & 20 $\frac{3}{4}$ degrés au-dessus de zéro.

La bouteille débouchée & mise à la cave, se troubla dès le premier jour & déposa le cinquième ; dès le quatrième, elle n'avoit plus d'odeur & ne teignoit plus les solutions mé-

talliques; le Thermomètre resta constamment dans cette cave pendant cette observation & la suivante à 11 degrés au-dessus de zéro.

Les bouteilles bouchées & déposées dans le même lieu, restèrent les mêmes pendant quinze jours, & comme il ne m'en restoit plus, il auroit fallu recommencer cette opération, si le hasard ne m'avoit pas fourni le moyen de la pousser beaucoup plus loin que je n'en avois eu l'intention. Je retrouvai dans une cave adjacente, où le Thermomètre reste ordinairement l'été à 11 $\frac{1}{2}$ degrés, une quantité assez considérable de bouteilles de quatre peintes, puisées, suivant leur étiquette, neuf mois auparavant, & que j'avois oubliées; j'en essayai une, elle sentoit très-sensiblement le foie de soufre, & teignit fortement les solutions métalliques.

Enfin j'essayai de rendre la vapeur de foie de soufre à celle qui en avoit été dépouillée; je la fis bouillir long-tems avec son dépôt, mais sans succès.

L'Eau privée de ses qualités sulphureuses, donna avec l'huile de tartre par défaillance, un précipité blanc; avec l'alkali volatil par la chaux, un précipité blanc très-léger; avec celui par l'alkali fixe, un plus abondant, mais moins que celui par l'huile de tartre par défaillance; avec l'Eau mercurielle, un précipité jaune; avec la solution du vitriol de Mars, un précipité jaunâtre; avec le vinaigre de Saturne, un précipité blanc très-abondant; & enfin avec la dissolution d'argent, une couleur d'opale qui se maintint très-long-tems, & laissa tomber à la fin un dépôt ardoisé.

Je crus qu'il étoit aussi très-important d'examiner à quel point cette vapeur de foie de soufre étoit volatile, & si l'Eau pourroit la conserver après qu'on lui auroit fait éprouver un degré de chaleur considérable, soit à l'air libre, soit dans les vaisseaux fermés.

Quatre livres d'Eau, après avoir bouilli un demi-quart-

d'heure, conserverent leur odeur de foie de soufre, & teignirent plus fortement les dissolutions métalliques, que l'Eau sortant de fontaine.

Douze onces d'Eau retirées par la distillation de quatre livres d'Eau, sentoient le foie de soufre, & teignoient foiblement les dissolutions métalliques; mais l'Eau restée dans la cucurbite de l'alembic, a conservé l'odeur de foie de soufre, en a contracté une très-forte d'empireume, & a teint en noir les solutions métalliques plus fortement que l'Eau sortant de la fontaine; la distillation poussée jusqu'à ce qu'il ne restât dans l'alembic que le demi-quart de la liqueur, l'Eau distillée n'a plus rien produit; mais celle restée dans la cucurbite, a donné les mêmes effets que la précédente. Il sembleroit, par cette expérience, que ces Eaux contiennent du soufre en nature, au moyen duquel & à l'aide de la chaleur, il se forme un nouveau foie de soufre: mais on va voir que l'analyse n'en donne aucune indice, & d'ailleurs les acides n'y occasionnent aucun précipité. Quoi qu'il en soit, si la Médecine jugeoit que les bains de cette Eau pussent être salutaires, on sent combien seroit avantageuse cette propriété de conserver, & même d'avoir plus fortement, étant échauffée, la vapeur de foie de soufre.

Mais toutes ces différentes Expériences, quoique propres à donner des notions utiles sur ces Eaux, ne pouvant pas déterminer exactement, & leur nature & la quantité de leurs principes, je fis évaporer à un feu doux, au bain de sable, dans plusieurs capsules de verre, 50 livres d'Eau puisée dans le mois d'Août, filtrée au papier Joseph, & dépouillée de son dépôt spontané pesant 15 grains: j'observai de faire évaporer mes capsules sans les remplir.

Quand la liqueur fut diminuée à-peu-près d'un quart, il se forma une légère pellicule à sa surface, & elle s'y maintint jusqu'à la fin, sans aucune autre circonstance remarquable.

Ayant rassemblé mes résidus, je trouvai qu'ils pesoient 4 gros 50 grains, ils étoient d'une couleur brune, ne donnoient aucune flamme sur les charbons ardens, & attiroient l'humidité de l'air: je les mis digérer à froid, pendant 24 heures, dans quatre onces d'Eau distillée; je filtrai la liqueur & je versai sur ce qui n'avoit pas passé de nouvelle Eau distillée; il resta sur le filtre trois gros, dix grains, d'une matière qui, mise à bouillir dans une livre d'Eau distillée que je filtrai, se réduisit à deux gros, 46 grains: je versai de l'esprit de nitre sur le résidu; il se fit une forte effervescence; je continuai de verser de l'esprit de nitre à différens intervalles de temps, jusqu'à ce qu'il ne se fît plus d'effervescence; je filtrai, j'édulcorai, & il ne resta sur le filtre que 29 grains d'une matière saline, soyeuse, d'un blanc sale & presque sans saveur.

Je fis évaporer mes différentes solutions à part; la première me donna des crystaux distincts, mais embarrassés dans une matière glaireuse, jaunâtre & déliquescente; je parvins à les nettoyer avec l'esprit-de-vin rectifié; leur forme prismatique alongée en colonne & striée dans leur longueur, les fit reconnoître pour du sel de Glauber. En effet, ils tombèrent en efflorescence à l'air; ils avoient un goût amer suivi de fraîcheur; fondus dans l'Eau distillée, ils ne donnèrent, avec l'huile de tartre par défaillance, qu'un précipité très-léger. J'en conclus que c'étoit un sel de Glauber à base alkaline, & j'en obtins 36 grains.

La partie glaireuse n'avoit point été dissoute par l'esprit-de-vin; j'en versai de nouveau à plusieurs reprises, & je filtrai; je fis évaporer ce qui étoit passé, rien ne crystallisa; le résidu pesant treize grains, avoit un goût salé très-piquant; quelques gouttes d'huile de vitriol versées sur une partie, excitèrent des vapeurs blanches très-subtiles, semblables à celles de l'esprit de sel fumant: comme le reste attéroit fortement l'humidité, je le laissai tomber en déliquium, & avec quelques

gouttes d'huile de tartre par défaillance, il se fit un beau coagulum blanc.

Toute la partie glaireuse étoit restée sur le filtre, mais elle n'étoit pas encore pure; je la fis dissoudre dans l'Eau distillée, je filtrai de nouveau, &, par ce moyen, je l'obtins toute seule; je la desséchai, elle pesoit huit grains, elle étoit jaunâtre, très-soluble dans l'Eau, en un mot, de véritable gomme. Nous verrons par la suite, ce qui peut la former. Il resta sur le filtre 39 grains d'une matière semblable à celle qui n'avoit point été dissoute par l'acide nitreux, & j'eus encore 36 grains d'une pareille substance, en faisant évaporer ce qui avoit passé au travers du filtre après la seconde infusion du résidu faite à l'Eau bouillante. J'examinai au Microscope ces trois portions, & je vis distinctement dans chacune un grand nombre de crystaux prismatiques, coupés en biseau à leurs extrémités, comme ceux d'une espèce de sélénite; j'en pris un tiers que je traitai avec de la poudre de charbon & du sel de tartre dans un creuset bien clos, poussé pendant quelques minutes à un feu de fusion: triturée sur-le-champ, lavée & filtrée, elle me donna, au moyen d'un acide, un lait de soufre & un précipité sulphureux. Je mis une autre partie dans un creuset avec du sel de tartre, je lutai, j'exposai le tout à un feu de fusion, & je me procurai, par les manipulations ordinaires, du tartre vitriolé: enfin l'alkali fixe versé sur une troisième partie, occasionna un précipité très-abondant, & la liqueur filtrée & évaporée, laissa de beaux crystaux de tartre vitriolé; ayant bien lavé le précipité, je l'essayai avec l'acide vitriolique, qui fit d'abord une violente effervescence; mais une petite partie très-blanche resta au fond du vase, & l'effervescence cessa tout-à-fait, quoique la liqueur fut encore fortement acide; je la décantai, je lavai la poudre blanche, je versai dessus de nouvel acide vitriolique, & je fis chauffer ce mélange; l'acide parvint à dissoudre la terre en entier, sans faire d'effervescence, & quelques gouttes d'alkali fixe, me donnèrent un précipité en

flocons,

flocons, comme celui de l'alun ; il paroît donc que cette matière ſaline eſt en grande partie ſéléniteuſe & un peu alumineuſe.

Enfin l'eſprit de nitre verſé ſur le réſidu, après la ſeconde lotion, laiſſa précipiter, par le moyen d'un alkali fixe, 2 gros 8 grains d'une terre calcaire.

On obſervera, en raſſemblant le poids de toutes ces matières, que leur ſomme eſt moindre de 25 grains que celle du réſidu du total ; mais il eſt impoſſible qu'il ne s'en perde pas une certaine quantité dans ces différentes manipulations, ſurtout dans les filtres, & d'ailleurs l'eſprit de nitre employé pour diſſoudre la terre du réſidu, quoique verſé avec précaution, a dû emporter, par la ſolution, une partie ſéléniteuſe dont nous avons bien retrouvé la baſe par la précipitation, mais dont l'acide a été perdu.

L'acide du vinaigre, dont je me ſuis ſervi dans l'opération ſuivante, a le même inconvénient, & celui que j'ai verſé ſur le réſidu dont je vais parler tout-à-l'heure, ainſi que l'eſprit de nitre dont il vient d'être queſtion, & qui avoit été précipité, m'ont donné du turbite minéral avec l'Eau mercurielle, & un précipité ardoiſé avec la diſſolution d'argent ; il faut donc ſe ſervir de l'un & de l'autre avec précaution, & ceſſer de verſer dès que l'efferveſcence n'a plus lieu ; mais quelques ménagemens qu'on emploie, ils diſſolvent toujours un peu des ſels ſéléniteux & alumineux.

Il réſulte des produits énoncés ci-deſſus, que deux livres ou à-peu-près une pinte d'eau, contiennent, ſans compter la perte, environ 1 $\frac{2}{5}$ grain de ſel de Glauber, $\frac{1}{2}$ grain de ſel marin à baſe terreuſe, quatre gros de ſélénite, une très-petite partie d'alun, & *6* $\frac{19}{10}$ gr. de terre, y compris le dépôt ſpontané.

Tandis que je faiſois l'évaporation précédente dans les vaiſſeaux ouverts, j'en fis une autre dans des alembics de verre,

pourvus de leur chapiteau, de 50 livres d'Eau puisée le même jour que la précédente, filtrée & dépouillée de son dépôt spontané, en observant de ne point remplir les cucurbites; j'obtins un résidu très-blanc de 5 gros 64 grains, plus fort par conséquent d'un gros 14 grains que le précédent. On sera peut-être surpris de cette augmentation, il semble même d'abord que la différence d'un résidu à l'autre devroit être à l'avantage de celui qui s'est fait dans les vaisseaux ouverts, à cause des différentes matières que l'air contient; une grande partie, malgré les plus grands soins, tombe dans les capsules, & donne même aux résidus une couleur brune. MM. les Commissaires de la Faculté de Médecine pour l'examen des Eaux de l'Ivette, avoient déjà remarqué ce phénomène, & d'ailleurs quelques réflexions pourront peut-être en faire soupçonner les causes.

Premièrement, l'agitation continuelle de l'air libre, qui fait office d'éponge à la surface de la liqueur, est bien capable de favoriser l'évaporation des parties demi-volatiles.

Secondement, il est certain que, dans la distillation, les substances volatiles en entraînent avec elles d'autres, qui seroient fixes & résisteroient à une chaleur très-violente; nous le voyons dans la rectification des huiles, & la Chymie en fournit beaucoup d'autres exemples : mais ces matières sont d'autant plus disposées à s'élever, que leur pesanteur spécifique est moindre relativement au fluide qu'elles ont à traverser; ce fluide est l'air, & certainement celui que renferme les vaisseaux fermés est infiniment plus raréfié, que l'air libre dont les capsules sont environnées; les molécules perdant donc d'autant moins de leur poids, que le volume d'air qu'elles déplacent est moins pesant, trouvent beaucoup plus de facilité à s'élever dans l'air libre, que dans celui qu'elles rencontrent entre les cucurbites & le chapiteau de l'alembic.

J'ai répété, sur le second résidu, les mêmes Expériences que pour le premier, excepté qu'au lieu d'esprit de nitre, je

me suis servi de vinaigre distillé, & j'ai trouvé les mêmes résultats, mais avec les différences suivantes pour les quantités.

Sel de Glauber, 10 grains; sel marin déliquescent, 9 gr.; gomme, 10 gr.; sélénite mêlée d'une petite partie alumineuse, 2 gros, 64 gr.; terre, 2 gros 3 gr.; perte 30 gr. ce qui fait, sans y comprendre la perte, pour 2 livres ou environ une pinte d'eau, $\frac{2}{5}$ gr. de sel de Glauber; $\frac{9}{25}$ gr. de sel marin à base terreuse; $\frac{2}{5}$ gr. de gomme, 8 $\frac{8}{25}$ gr. de sel séléniteux & alumineux; & 6 $\frac{12}{25}$ gr. de terre, en comptant le dépôt spontané.

Il est difficile d'expliquer pourquoi, malgré la quantité plus grande du second résidu, le sel de Glauber, le sel marin à base terreuse & la terre s'y trouvent cependant en moindre quantité, & pourquoi la sélénite y est plus abondante. Peut-être que l'évaporation à l'air libre altère & alkalise une partie de la terre, & la rendant propre à former du sel de Glauber, décompose, par son moyen, une partie de la sélénite, & la chaleur plus forte dans les vaisseaux fermés, peut enlever au sel marin déliquescent une partie de son acide; à la vérité, l'Eau distillée n'en donne aucune indice; mais il seroit difficile d'en obtenir de quelques grains noyés dans 50 livres d'eau.

Il est bon de remarquer ici, qu'en analysant une substance quelconque, & sur-tout des Eaux minérales, il est nécessaire d'y procéder sans interruption, sans quoi les principes s'altèrent, se décomposent, se recomposent & donnent des produits tous différens de ceux qui existoient primordialement dans les corps analysés.

Quelque tems après les opérations dont j'ai parlé, ayant dessein de faire encore quelques Expériencces, je fis évaporer six livres d'eau dans une capsule de verre au bain de sable. Quand l'évaporation fut aux deux tiers, je fus très-étonné de voir une crystallisation rameuse grimper le long des parois

de la capſule, & ſe propager juſqu'à ſa ſurface convexe : je la recueillis avec grand ſoin, elle peſoit environ deux grains; ſa forme étoit en barbe de plume, comme celle du ſel ammoniac. Ces cryſtaux avoient la même flexibilité que celle qu'on obſerve dans ceux de ce ſel, & qui fait qu'en les palpant, on croit prendre de la cire ; je verſai ſur une partie quelques gouttes d'alkali fixe, & j'eus des vapeurs très-ſenſibles d'eſprit volatil. Je ne doutai plus que ce ne fût du ſel ammoniac : comme je n'en avois point trouvé par l'analyſe ci-deſſus décrite, je crus que j'avois mal-fait mes opérations, & je réſolus de recommencer. Comme je n'avois plus d'eau, que j'étois ſur le point de faire un voyage de quatre mois, je remis ce travail à mon retour, &, dans le mois de Juillet, j'allai moi-même à la fontaine en puiſer de nouvelle ; mais quelque moyen que j'employaſſe, malgré toute l'aſſiduité, l'exactitude & la patience poſſible, je n'obtins pas un atome de ſel ammoniac : cependant un réſidu conſidérable diſtillé dans une cornue avec de l'alkali fixe, produiſit environ ½ gros de liqueur, ſentant fortement l'empireume : j'y mêlai quelques gouttes d'eſprit de ſel, qui ne firent point d'effervеſcence ; je fis évaporer, & le réſidu ſur lequel je verſai un peu d'alkali fixe, donna des vapeurs très-marquées d'eſprit volatil de ſel ammoniac.

A la fin, je me reſſouvins que l'Eau qui m'avoit donné ce ſel, avoit été puiſée le 2 Novembre, dans un tems où la fontaine étoit remplie de feuilles, de dépouilles d'inſectes, & autres ſubſtances, tant végétales qu'animales : je ſoupçonnai que ces matières macérées avoient bien pu donner lieu à la formation du ſel ammoniac, & qu'elles étoient auſſi en grande partie cauſe de la partie gommeuſe dont j'ai parlé.

Il fallut donc attendre l'automne : je fis évaporer 50 livres d'eau puiſée le 23 Novembre, je pris cinq grains du réſidu ſur leſquels je laiſſai tomber deux gouttes d'alkali fixe, qui produiſirent une odeur d'alkali volatil très-marquée; je mis le reſte

dans une cornue de verre bien lutée, je la plaçai dans un fourneau de réverbère, & j'eus, par la ſublimation, 3 à 4 grains de ſel ammoniac. Ce produit eſt de beaucoup moindre que celui que j'ai cité; mais on conçoit que mille circonſtances, la température de l'air, l'abondance des ſubſtances étrangères dans la fontaine, &c. doivent produire des variations qu'il eſt impoſſible de calculer : de toutes les ſublimations que j'ai tentées, aucune n'a produit de ſoufre.

Examen du Sel grimpant.

Ce ſel eſt acide au goût, mais les morceaux pourris des pilotis de chêne le long deſquels il grimpe & qu'il eſt aiſé de détacher, ont une ſaveur beaucoup plus acide & ſenſiblement vitriolique; quelques gouttes d'alkali fixe verſées ſur ce ſel recueilli en Novembre, ont donné une très-légère odeur comme d'empireume; celui ramaſſé en été n'a rien donné; l'un & l'autre ont rougi ſur-le-champ la teinture de tourneſol; un gros de ſel pris en Novembre, expoſé dans une cornue à un degré de chaleur convenable, n'a rien donné par la ſublimation. Comme le feu pouvoit avoir cauſé quelque altération, je pris un gros & demi de nouveau ſel, je le mis infuſer à froid, pendant 24 heures; dans une once & demie d'eau diſtillée, je filtrai, 12 grains s'étant diſſous, quatre onces d'Eau bouillante ſe chargerent encore de ſept gr.; je verſai ſur un gros, 17 grains, qui me reſtoient, deux onces de vinaigre diſtillé; &, après avoir filtré & édulcoré, je trouvai qu'il avoit diſſous 4 gros, 6 grains; je reconnus les 11 grains reſtans pour de la ſélénite, au moyen des épreuves dont j'ai déjà parlé; je précipitai, par un alkali fixe, la partie diſſoute par l'acide, & c'étoit de la terre calcaire; les ſept grains dont l'Eau bouillante s'étoit chargée, étoient encore de la ſélénite; enfin, en faiſant cryſtalliſer ce que l'infuſion à l'eau froide avoit diſſous, j'obtins quatre gr. de ſel de Glauber, trois gr. de ſélénite, & 2 $\frac{1}{2}$ gr. d'un ſel très-acide en conſiſtance de gelée, ayant la ſaveur de l'alun. Comme il m'étoit difficile de faire cryſtalliſer une ſi petite

quantité, vu la perte qu'occaſionnent néceſſairement les ſolutions, filtrations & même additions qu'on eſt obligé de faire; je mis infuſer & macérer une aſſez grande quantité de morceaux pourris des pilotis, qui, comme je l'ai déjà remarqué, ont une ſaveur vitriolique très-ſenſible; je filtrai, je n'obtins point de ſel de Glauber, mais une quantité conſidérable de ſel acide d'une conſiſtance gélatineuſe. J'employai différens mêlanges, comme l'alkali fixe, la chaux, l'urine, &c. pour le faire cryſtalliſer; le ſeul alkali volatil par la chaux me procura quelques cryſtaux peu réguliers, d'un goût abſolument ſemblable à celui de l'alun, mais qui ne ſe ſont point bourſouflés, comme lui, par la calcination.

Je fis calciner mon ſel & l'eſſayai, mais ſans ſuccès, ſeul & avec les mêmes mêlanges; cependant ce que j'avois traité ſans mêlange, me donna des cryſtaux très-diſtincts de tartre vitriolé, vraiſemblablement parce que la calcination avoit alkaliſé une partie de la matière extractive des pilotis.

Je pris donc le parti de décompoſer mon ſel par l'alkali fixe; il occaſionna un précipité d'un blanc ſale; je filtrai & lavai cette ſubſtance dans l'eau diſtillée, & je verſai deſſus quelques gouttes d'huile de vitriol, il ſe fit une efferveſcence qui ceſſa bientôt, & qui rendit le précipité du plus beau blanc; je le lavai de nouveau, je verſai de nouvelle huile de vitriol, il ne ſe fit aucune efferveſcence; mais la diſſolution ſe fit paiſiblement à l'aide de la chaleur d'un bain de ſable; j'obtins, par l'évaporation, de véritable alun, qui, fondu dans l'eau, donna, avec l'alkali fixe, un précipité en flocons.

D'un autre côté la liqueur filtrée, après avoir ſubi l'évaporation, laiſſa des cryſtaux de tartre vitriolé.

Ce ſel eſt donc alumineux, & la première efferveſcence du précipité avec l'huile de vitriol, n'eſt dûe qu'à la terre calcaire d'une partie ſéléniteuſe, que l'alkali fixe avoit décompoſée.

Dépôt de la Fontaine.

Le dépôt desséché a une très-forte odeur de soufre; il prend feu sur les charbons ardens, donne une flamme bleue tirant sur le violet, accompagnée de vapeurs d'esprit volatil sulphureux: pris en été, quelques gouttes d'alkali fixe versées dessus, n'y excitent aucune vapeur; mais recueilli en hiver, il donne, avec le même alkali fixe, une légère odeur d'esprit volatil de sel ammoniac.

Un gros & demi du dépôt d'été, m'a donné, par la sublimation, six gr. de soufre; de la même quantité du dépôt d'hiver, 6 $\frac{1}{2}$ gr. se sont sublimés. Ces produits essayés avec l'alkali fixe, le premier n'a rien donné, des vapeurs très-sensibles d'esprit volatil de sel ammoniac, se sont élevées du second. J'ai lessivé ce dernier avec de l'eau distillée; après avoir filtré & évaporé, il n'est resté dans la capsule qu'une tache saline dont je n'ai pu évaluer le poids; mais elle m'a donné avec l'alkali fixe, les mêmes vapeurs que le produit dont je l'avois tirée.

Le dépôt d'été & celui d'hiver, après avoir subi la sublimation, m'ont donné, par différentes lotions, tant à l'eau froide qu'à l'eau bouillante: le premier 12 gr. de sélénite, le second 10; ensuite ayant versé sur chaque résidu de l'esprit de nitre, jusqu'à ce qu'il ne se fît plus d'effervescence, ayant filtré & édulcoré, je précipitai du premier 54, & du second 63 grains de terre absorbante: il resta sur le filtre du premier 29 gr. & 24 sur celui du second. Ayant répété, sur cette dernière substance & sur celles que m'avoient produit les lotions précédentes, les procédés que j'ai déjà cités, je les reconnus pour de la sélénite.

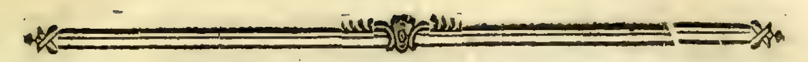
La proportion des produits du dépôt & du sel grimpant, peut difficilement s'estimer, à cause des corps hétérogènes qui s'y trouvent nécessairement mêlés, quelque soin qu'on emploie à les recueillir.

En faiſant avec attention un travail de la nature de celui dont je viens d'avoir l'honneur de vous rendre compte, Meſſieurs, on tente néceſſairement quantité d'Expériences dont on ne retire aucun fruit. J'aurois peut-être dû les rapporter pour épargner à d'autres le dégoût d'un procédé inutile; mais ce Mémoire eſt déjà trop conſidérable, pour ne pas éviter tout ce qui peut faire longueur, & je n'ai preſque fait mention que des procédés qui m'ont réuſſi. Il eſt très-poſſible qu'une main plus ſavante & plus adroite trouve par la ſuite, dans ces Eaux, des ſubſtances que mes lumières, trop foibles peut-être pour venir à-bout d'un pareil ouvrage, n'ont pas ſu y découvrir. Je ne dis rien de leur vertu; il ne m'appartient pas d'en décider, c'eſt aux Juges en cette matière à prononcer à cet égard.

N. B. Environ un an après la lecture de ce Mémoire, j'ai fait nettoyer la fontaine d'Anguien & prendre la ſource de plus haut, l'eau puiſée à l'endroit où elle ſourcille & laiſſée dans un vaſe débouché, ſe trouble quelque tems après, comme elle le faiſoit ci-devant; mais elle ſe charge de plus d'une pellicule jaunâtre, preſque toute formée par du ſoufre, & qui brûle comme lui; le dépôt qui ſe précipite, ne paroît pas en contenir d'une manière ſenſible. MM. les Commiſſaires de la Faculté de Médecine, chargés d'examiner cette fontaine, ſont les premiers à qui cette Expérience ait réuſſi. J'ai depuis obtenu le même produit, & M. d'Eyeux a eu le même ſuccès; enfin M. Roux a trouvé le moyen, à l'aide du beurre d'arſenic, d'avoir pour précipité de véritable orpiment.



EXAMEN CHYMIQUE



EXAMEN CHYMIQUE D'UNE MINE DE FER SPATHIQUE.*

PREMIÈRE PARTIE.

Contenant les Expériences faites par la voie seche.

Par M. BAYEN,

Apothicaire-Major des Camps & Armées du Roi.

LA MINE DE FER dont l'examen chymique fait le ſujet de ce Mémoire, eſt connue des Naturaliſtes, ſous le nom de *Minera Ferri alba ſpathiformis :* c'eſt un amas de cryſtaux en lames minces, brillantes, douces au toucher, à demi-tranſparentes, de couleur griſe & de forme romboïdale; on y diſtingue des cryſtaux de quartz & quelquefois des petites pyrites jaunes & gorge de pigeon; elle n'eſt pas très-dure, & la pointe d'un couteau peut facilement y imprimer des traits, le briquet n'en peut donc point tirer d'étincelles, à moins que par haſard, ou à deſſein, le coup ne porte ſur un grain de *quartz* ou ſur une pyrite. Préſenté en 1774.

* J'avois rapporté d'Allemagne, en 1764, divers Échantillons de Mines de Fer, parmi leſquels il s'en trouvoit un de Mine Spathique du poids de quatre livres & demie; on me l'avoit donné ſous la dénomination de *mine d'où l'on retire le meilleur Acier.*

Cette Mine n'est point du tout attirable par l'aimant : si on en tient long-tems à l'air un morceau, elle jaunit à la superficie & perd son brillant, ce qui annonce un commencement de décomposition. Lorsqu'on l'expose au feu en morceaux d'une certaine grosseur, ou simplement concassée, elle décrépite fortement & se sépare en petites parcelles, qui sont jetées hors du vase où se fait l'opération. Il n'est donc pas possible de la calciner, à moins qu'on n'en ait préalablement détruit l'aggrégation crystalline en la réduisant en poudre assez fine pour passer au tamis de soie.

Première Expérience.

J'ai mis dans un petit creuset 4 gros ou 288 grains de mine pulvérisée & tamisée. L'ayant exposée au feu, je ne tardai pas à appercevoir que sa couleur s'altéroit, elle devint brune & en moins de demi-heure elle étoit tout-à-fait noire; je poussai le feu jusqu'à la faire rougir, & je la tins en cet état plus d'une heure & demie, sans qu'il s'en élevât rien de sensible à l'odorat ni à la vue; lorsqu'elle fut refroidie, je la mis sur la balance & j'en trouvai le poids diminué de 93 grains, c'est-à-dire, qu'elle avoit perdue le tiers de son poids moins trois grains; c'étoit une poudre d'un noir foncé, qui paroissoit avoir augmenté de volume; je lui présentai alors un barreau d'acier aimanté auquel elle s'attacha avec autant de vîtesse & en aussi grande quantité que l'auroit fait la limaille de Fer la plus récente & la plus pure.

Deuxième Expérience.

Je crus devoir répéter cette Expérience dans des vaisseaux fermés; je mis en conséquence une once de la même mine pulvérisée dans une petite retorte de verre lutée, à laquelle j'adaptai un balon percé; je lui fis subir le plus grand feu, ayant attention d'ouvrir de tems en tems le petit trou du récipient d'où il sortoit à chaque fois une quantité d'air remar-

quable, il ne passa rien de visible dans le récipient, il ne s'attacha rien dans col de la retorte, si ce n'est que, dans le cours de l'opération, j'avois apperçu à deux pouces au-dessus du bec une petite rosée qui disparut bientôt. La cornue s'étoit affaissée, mais sans se rompre, la matière qu'elle contenoit avoit pris une couleur noire foncée, son poids étoit diminué de 2 gros 42 grains, ne pesant plus que 5 gros 30 grains; en sorte qu'elle avoit perdu, à peu de chose près, le tiers de son poids; tout s'étoit donc passé dans les vaisseaux fermés comme dans les vaisseaux ouverts.

Troisième Expérience.

Je n'avois pas de vaisseau propre à faire des distillations pneumatiques, & j'étois pressé de satisfaire ma curiosité: je mis une once de mine pulvérisée dans une petite retorte de verre lutée à laquelle j'adaptai une vessie de bœuf mouillée & absolument vide d'air, en moins de trois quarts d'heure de feu vif, la vessie se gonfla si fort, que craignant l'explosion, je supprimai le feu & laissai tout refroidir, il rentra un peu d'air dans la retorte, ce qui me permit de pincer la vessie immédiatement au-dessous du bec & d'y faire une forte ligature assujétie par un nœud coulant: je détachai alors celle qui unissoit la vessie à la cornue, & substituant à cette dernière, un tube de verre long de quatre pouces, je devins le maître de transporter le gaz dans un vaisseau plus commode; je choisis une bouteille cylindrique de quatre pintes environ, que je remplis d'eau pure, & l'ayant renversée & assujétie sur la surface d'une terrine également pleine d'eau, je fis entrer dans son goulot le tube du verre qui étoit adapté à la vessie, & détachant le nœud-coulant qui y fixoit le gaz, je parvins à faire sortir, par une pression légère, environ trois pintes d'eau, dont le gaz occupoit la place. Je ne tardai pas à m'appercevoir que l'eau remontoit dans la bouteille, &, par de légères secousses, j'en accélérai encore l'ascension. Au moment où je jugeai qu'il en étoit rentré environ deux pintes, je fermai

la bouteille, & la retirant de la terrine où son orifice étoit plongée, je la mis sur son assiette; en la débouchant, il se fit un sifflement qui annonçoit que le gaz étoit encore comprimé, il s'en élevoit une odeur, que je ne peux mieux comparer qu'à celle de Phosphore: je goûtai l'eau & je la trouvai aigrelette, j'en mis quelques onces dans une petite bouteille où il y avoit environ ½ grain de limaille de Fer, & en peu de tems elle eut la propriété de prendre, avec la poudre de noix de galle, une teinture purpurine.

La Mine employée dans cette Expérience, ayant été retirée de la retorte, n'avoit perdu de son poids qu'un gros 57 grains, c'est-à-dire, qu'il s'en falloit 53 grains environ, qu'elle n'eût donné tout le gaz que la première & seconde Expériences nous ont appris être contenu dans une once de cette même Mine, j'en achevai la calcination à feu ouvert, & je l'amenai au point de perdre à-peu-près le tiers de son poids.

L'Expérience que je venois de faire, commençoit à m'instruire, mais elle ne remplissoit pas mes vues; je disposai sur-le-champ un de ces appareils chymico-pneumatiques, dont *Hales* passera toujours pour être l'Inventeur, quelle que soit la forme que nous puissions leur donner; j'espérois qu'ayant des instrumens plus commodes & plus exacts, je serois en état, non-seulement de recevoir tout le gaz que fourniroit une quantité donnée de notre Mine, mais encore d'en déterminer le volume, & peut-être même le poids spécifique.

Quatrième Expérience.

Je choisis une retorte de verre lutée, qui contenoit un volume d'air égal à quatre onces, un gros d'eau, je la chargeai d'une once de mine tamisée, j'adaptai à son bec un conducteur, ou tube de verre recourbé, dont la capacité contenoit un volume d'air égal à un once deux gros d'eau, je les assujétis l'un à l'autre avec du lut gras & des bandes de linge enduites de chaux & de blanc d'œuf; lorsqu'elles furent séchées,

je plaçai la retorte dans le fourneau, & en l'y assujétissant, je lui donnai une situation propre à s'unir à l'autre partie de l'appareil, qui consistoit en une terrine pleine d'eau, surmontée d'une bouteille haute & cylindrique, contenant sept livres neuf onces d'eau, l'extrémité recourbée du conducteur ayant été introduite dans le col du récipient, le feu fut allumé; l'air de la cornue se raréfia, & il en passa dans le récipient une quantité suffisante pour déplacer deux ou trois onces d'eau: le feu ayant été augmenté, les bulles se succédèrent assez vîte, l'eau du récipient se déprimoit sensiblement, & lorsque la retorte fut échauffée au point d'être rouge, la dépression se fit avec une promptitude étonnante, l'eau commença à sortir de la terrine, & bientôt elle forma un filet de la grosseur de celui qu'on voit sortir du bec d'un alembic, lorsqu'une distillation se fait rapidement; ce filet étoit l'image de celui que formoit le gaz en sortant du conducteur; l'opération n'étoit pas finie & toute l'eau avoit été poussée hors du récipient, le feu étoit toujours aussi vif, & le fluide ne trouvant plus d'eau à déplacer, se fit jour à travers celle qui étoit dans la terrine, ce qui dura environ cinq ou six minutes, après lequel tems tout étant devenu tranquille, je jugeai l'opération finie; mais, ne voulant pas laisser refroidir l'appareil dans l'état où il étoit, de peur que l'eau montât dans la retorde, je levai légèrement le support & le récipient, sans cependant lui faire quitter la surface de l'eau, & je l'écartai du conducteur d'environ un pouce, je fus alors le maître d'éloigner le fourneau & toute la partie de l'appareil qui en dépendoit; l'eau ne tarda pas à rentrer dans le récipient qui étoit resté en place, en moins de deux heures, il y en étoit remonté plus de quatre onces, & en douze heures environ seize; le lendemain matin, j'évaluai ce qui s'y trouva de 32 à 34 onces, je le fermai à cet instant, & l'ôtant de dessus son support, je remarquai qu'en le débouchant, il se fit un sifflement assez fort; l'eau qui étoit remontré avoir absorbé une grande quantité de gaz, elle étoit aigrelette, son odeur étoit forte & ressembloit à celle du phosphore.

La Mine ayant été retirée de la retorte & mise sur la balance, se trouva avoir perdu, à trois grains près, le tiers de son poids, elle étoit, comme dans les opérations précédentes, d'un noir foncé & entièrement attirable par l'aimant.

Le volume du fluide élastique ou gaz qui s'est exhalé de l'once de mine employée dans cette opération, surpassoit donc celui de 121 onces, où, ce qui est la même chose, de sept livres 9 onces d'eau.

Mon appareil commençoit à se perfectionner, mais il n'étoit pas au point où je le desirois. Ma quatrième Expérience étoit imparfaite, je n'avois pu évaluer que *par-à-peu-près*, l'eau déplacée, & le récipient dont je m'étois servis, étoit trop petit; il étoit facile de remédier au dernier inconvénient & possible de se garantir du premier.

Je choisis, en conséquence, une bouteille cylindrique plus grande que celle qui m'avoit servi dans l'Expérience précédente, je colai dessus une bande de papier blanc, large de six à sept lignes, & assez longue pour s'étendre depuis sa base jusqu'à son colet; je fis, avec une petite bouteille à orifice étroit, une mesure qui contenoit juste quatre onces d'eau; après quoi, ayant posé la bouteille sur une table bien nivellée, j'y versai une mesure, &, dès que le mouvement communiqué à l'eau par la chûte fut passé, je fis sur la bande de papier une marque à l'endroit où la superficie de l'eau étoit fixée: ce premier degré de l'échelle indiquoit quatre onces d'eau; j'ajoutai une autre mesure d'eau, ce fut le second degré qui indiquoit huit onces, & continuant ainsi de quatre onces en quatre onces, je parvins à remplir le récipient, dont le dernier degré étoit le 39.° ce qui fait, à quatre onces par degré, 156 onces, ou neuf livres $\frac{3}{4}$ d'eau. Comme je connoissois la tare de ce vaisseau, je pus vérifier ce poids, & je trouvai qu'à un gros près, il contenoit en effet neuf livres $\frac{3}{4}$ ou 156 onces, ce qui prouvoit que les degrés de l'échelle que je venois de faire, étoient assez justes.

Cinquième Expérience.

Je procédai sur-le-champ à la cinquième Expérience, &; comme j'avois observé dans les distillations précédentes, qu'il s'attachoit constamment un peu d'eau, sous la forme d'une rosée, à la partie supérieure du col de la retorte, je crus devoir exposer celle dont j'allois me servir à un grand feu, & l'y tenir assez long-tems pour en chasser toute l'humidité qu'on auroit pu y soupçonner; je tins aussi la mine plus de deux heures à un degré de chaleur, qui, sans l'altérer, pouvoit en enlever toute l'humidité, dans le cas où elle en auroit pris de l'athmosphère; ce que je ne présumois cependant pas, vu qu'elle étoit gardée dans une bouteille exactement bouchée. La retorte étoit encore chaude, lorsque je la chargeai d'une once de mine: le volume d'air qu'elle contenoit égaloit quatre onces deux gros 17 grains d'eau, & celui du conducteur, un once deux gros; j'appareillai comme dans la quatrième Expérience, & le feu fut allumé.

Il étoit dix heures $\frac{3}{4}$ du matin, lorsque l'air des vaisseaux, étant au plus grand degré de raréfaction, le gaz commença à passer & à déprimer l'eau du récipient: alors j'apperçus, comme dans les Expériences précédentes, une petite rosée ou amas de goutelettes d'eau dans la partie supérieure du col de la retorte. L'opération fut conduite avec célérité, en sorte qu'en moins d'une heure la Mine ayant donné tout le gaz qu'elle contenoit, l'eau du récipient se trouvoit fixé au 35.e degré de l'échelle, ce qui indiquoit un déplacement de 140 onces.

La cornue, le conducteur, le fourneau, furent enlevés avant le refroidissement, l'eau remonta bientôt dans le récipient qui étoit resté sur son support, en moins de deux heures elle avoit atteint le 34.e degré; le lendemain, le 29.e: le troisième, jour elle étoit au 24.e: le quatrième, au 19.e: le cinquième, au 14.^{e} $\frac{1}{2}$: le sixième au 12.^{e} $\frac{1}{4}$: à cette époque, l'as-

cension n'étoit presque plus sensible : le septième jour, elle s'étoit à peine exhaussée d'$\frac{1}{4}$ de degré : le huitième jour, elle me parut fixée un peu au-dessus du 11.e. Je fermai alors le récipient de son bouchon, & l'ayant retiré, je le posai sur sa base, il ne se fit point ou peu de sifflement en le rebouchant: l'eau qu'il contenoit, n'étoit presque pas aigrelette, quoiqu'elle eût pourtant une forte odeur de phosphore.

Les 576 grains de Mine employée dans cette Expérience, étoient réduits à 391 grains, la perte étoit donc de 185 grains, que tout nous porte à regarder comme le véritable poids du gaz : mais 185 grains de gaz n'ayant déplacé que 140 onces, ou 80,640 grains d'eau, pouvoit m'induire à croire que la pesanteur spécifique de ce fluide singulier n'étoit à l'eau que comme un à 436, & conséquemment que son poids étoit à-peu près le double de celui de l'air de l'athmosphere, dont les Physiciens ont établi le rapport à l'eau, comme 1 à 850 ou à 900.

Sixième Expérience.

Cette différence entre le poids de l'air & celui du gaz, me fit soupçonner qu'une portion de ce dernier avoit pu être absorbée par l'eau du récipient : pour m'en assurer, je recommençai l'Expérience, & j'eus la précaution cette fois de mettre un travers de doigt d'huile d'olive sur l'eau qui devoit être déplacée ; j'employai un récipient beaucoup plus grand que le précédent, mais également gradué, tout fut appareillé à l'ordinaire; &, après l'opération, la superficie de la couche d'huile se trouva fixée au degré de l'échelle, qui indiquoit 192 onces, & l'once de Mine employée, avoit perdu 193 grains de son poids : or 193 grains de gaz ayant déplacé 192 onces ou 110,592 grains d'eau, il s'ensuit que sa pesanteur se trouvoit déjà être en rapport avec l'eau, comme 1 à 573.

Le dernier procédé, en me faisant voir une diminution considérable dans la pesanteur spécifique, que j'attribuois au

gaz,

gaz ; d'après la cinquième Expérience, fit présumer que je pourrois encore rapprocher son poids de celui que les Physiciens ont tâché d'assigner à l'air de l'athmosphère.

Mon appareil avoit un défaut essentiel qu'il falloit corriger, le bec recourbé du conducteur n'entroit dans le col du récipient, que d'environ un pouce, & le gaz, en se dégageant, avoit à traverser un volume d'eau très-considérable ; je crus que cette eau pouvoit aussi en absorber une portion, & j'en fus convaincu d'après l'Expérience suivante.

Septième Expérience.

Je rendis le récipient de mon appareil pneumatique, propre à être rempli par succession, je fis faire un conducteur de verre, dont la branche recourbée pouvoit s'élever un peu au-dessus du premier degré de l'échelle ; je mis une once de Mine dans une retorte, & j'appareillai à l'ordinaire ; lorsque, par la succion, l'eau fut montée & arrêtée au deuxième degré environ, j'introduisis dans le récipient une quantité suffisante d'huile, en faisant en sorte d'en fixer la superficie vis-à-vis le deuxième degré de l'échelle, qui marquoit huit onces.

Dans cette Expérience, l'once de Mine employée, fournit 189 grains de gaz qui déplacerent 216 onces ou 124,416 grains d'eau : cette quantité d'eau déplacée, bien supérieure à tout ce que j'avois obtenu ci-devant, me mit en état de conclure, sans prétendre toutefois avoir atteint le véritable point, que la pesanteur spécifique du gaz est à l'eau comme 1 à 658, c'est-à-dire, qu'un volume de gaz, qui seroit égal à celui d'une once ou 576 grains d'eau, peseroit à-peu-près un grain moins $\frac{1}{7}$ de grain (*a*).

(*a*) Je crois que le poids spécifique du gaz seroit encore moindre si on pouvoit trouver un intermède, qui empêchât absolument son absorption dans

Dès que j'eus fixé, le plus exactement qu'il me fut possible, le volume du gaz que fournissoit une quantité donnée de Mine de Fer spatique, je voulus savoir si ce fluide que les Anglois ont nommé *air fixe*, pouvoit être respiré impunément par les animaux. Pour cet effet, je chargeai une retorte d'une once de mine, j'y adaptai un conducteur, je suspendis sur la superficie d'une terrine pleine d'eau, un de ces grands récipiens de machine pneumatique dans lequel j'avois placé une alouette jeune & vigoureuse, je fis monter par la succion, l'eau dans le récipient jusqu'à une hauteur convenable, pour laisser à l'oiseau tout l'air nécessaire à sa respiration; le gaz fut introduit en un instant dans cet appareil, & à peine l'eau fut-elle déprimée d'un demi-travers de doigt, que j'apperçus l'alouette s'inquiéter; ses aspirations devinrent plus fréquentes, elle tomba & fit de foibles efforts pour se relever; elle tomba de nouveau & bientôt elle perdit tout mouvement, elle étoit morte ou du moins elle paroissoit l'être, je la retirai promptement, & l'appliquant contre mon corps, en moins d'une minute elle revint à la vie.

Cette Expérience prouve que le gaz qui s'élève de notre Mine, est une moufette suffocante, qui ressemble assez, par ses effets sur les animaux, à celle de la grotte du chien en Italie, & à plusieurs autres que j'ai eu occasion d'observer dans le Royaume.

Huitième Expérience.

Quoique je me sois proposé, dans ce Mémoire, d'écarter tout ce qui pouvoit paroître étranger à l'analyse de la Mine dont j'ai l'honneur de parler à l'Académie, je ne peux cependant m'empêcher de lui rendre compte d'une Expérience, qui

---

l'eau, l'huile d'olive dont je me suis servi, l'a retardé sans-doute; outre qu'elle en absorbe elle-même, il me semble qu'elle n'empêche pas l'eau & le gaz de s'unir : j'ai vu plusieurs fois l'eau remonter en sept ou huit jours de quinze degrés & plus, malgré l'huile qui la recouvroit.

peut, ainſi que quelques autres qui ont déjà été publiées, commencer à nous donner des idées ſur la nature de cet être ſingulier, que nous nommons *gaz* ou *eſprit*.

J'ai cherché à fixer le gaz d'une once de mine dans de l'alkali fixe, &, pour cet effet, j'ai chargé une petite retorte d'une once de notre mine pulvériſée; j'ai luté à ſon bec un tube de verre de ſix à ſept lignes de diamètre, & de quinze à ſeize pouces de longueur, (mon deſſein étoit d'éloigner, autant qu'il ſeroit poſſible, du fourneau, le récipient dont j'allois me ſervir, & cependant de porter dans ſon fond le gaz qui s'échappoit de la Mine, lors de l'opération.) J'ai verſé environ un gros d'eau diſtillée dans un petit balon, & en le tournant en tout ſens, j'ai pu l'humecter légèrement; après quoi, j'y ai jeté 30 grains de ſel de tartre en poudre ſur la pureté duquel je n'avois aucun doute; ce ſel abſorba l'humidité du balon, tomba en *deliquium* & ſe raſſembla dans la partie la plus baſſe.

Je joignis ce balon au reſte de l'appareil, je fermai exactement les jointures avec du lut gras recouvert de bandes de toiles trempées dans du blanc d'œuf & de la chaux: dans les premiers inſtans où le feu fut allumé, j'ouvrois de tems en tems le petit trou du récipient pour donner iſſue à l'air des vaiſſeaux; mais, me diſpoſant à ne plus l'ouvrir auſſi-tôt que la chaleur ſeroit aſſez forte pour dégager le gaz, je le bouchai exactement avec un peu de lut gras; je pris en même-tems des précautions contre la fracture & l'exploſion des vaiſſeaux, j'enveloppai le balon dans des linges mouillés, & attachant autour de l'appareil des toiles fortes, je ne laiſſai qu'une petite ouverture vis-à-vis la porte du fourneau pour y mettre le charbon lorſque le beſoin le requerroit.

Tout étant ainſi diſpoſé, je pouſſai le feu auſſi vivement & auſſi long-tems qu'il étoit néceſſaire; je m'attendois à chaque inſtant à voir ſauter mon appareil, & ce n'étoit qu'en tremblant que j'en approchois pour mettre du charbon ſous

la cornue; enfin, après une heure & demie d'un feu vif, jugeant l'opération finie, je fermai la porte du cendrier & laissai tout refroidir.

Je ne pouvois concevoir que trente grains d'alkali fixe eussent été suffisans pour absorber tout le gaz que je savois être contenu dans une once de Mine; je présumois que mes vaisseaux avoient pris air par quelque endroit; je soupçonnai sur-tout que le lut gras, qui fermoit le petit trou du récipient, avoit pu être soulevé : rien de tout cela n'étoit cependant arrivé; je trouvai les jointures en bon état, & le petit trou me parut très-bien fermé : quoi qu'il en soit, le sel de tartre que l'humidité du récipient avoit résou en liqueur, ainsi que je l'ai fait remarquer, s'étoit coagulé, & comme il paroissoit contenir un peu de liqueur, je le fis égoutter en renversant le récipient sur un verre, ce qui en tomba, avoit le goût purement alkalin, & je le regardois comme de l'alkali surabondant, qui n'avoit subi aucune altération; mais, l'ayant saturé avec un peu d'acide vitriolique, je vis avec surprise que le tartre vitriolique qui se forma, prenoit, ainsi que la liqueur, une couleur bleue : les vaisseaux dont je m'étois servi, étoient neufs, l'eau que j'avois mise dans le balon avoit été distillée dans le grès & le verre, je ne pouvois avoir de soupçon sur l'alkali que j'avois employé, c'étoit du pur sel de tartre; cependant je crus devoir faire une contre-Expérience; je fis dissoudre dix ou douze grains de ce même sel dans 24 ou 25 gouttes de la même eau distillée, j'en fis la saturation avec un peu du même acide vitriolique, le sel qui se forma étoit de la plus grande blancheur, ainsi que la liqueur qui le surnageoit. Ne pouvant attribuer la cause de cette couleur ni aux vaisseaux, ni aux intermèdes dont je m'étois servi, je jugeai que sans doute la Mine sur laquelle je travaillois contenoit du cuivre, & qu'il n'étoit peut-être pas impossible qu'une portion de ce métal eût été volatilisé; mais, ayant tenté de rendre la couleur bleue plus foncée, en versant dans la liqueur quelques gouttes d'alkali volatil, j'abandonnai ma conjecture,

parce que cet alkali, bien loin d'augmenter la couleur bleue la détruiſit entièrement : il étoit plus naturel d'en rapporter la cauſe au Fer, & c'eſt, en effet, à lui que je préſume qu'eſt dûe cette couleur.

Quant au ſel qui étoit reſté attaché à l'endroit du balon où il s'étoit formé, ne voulant point le déranger, je pris le parti de couper le récipient, ce qui me donna la facilité d'en retirer les cryſtaux, qui étoient blancs & aſſez réguliers; ils peſoient 22 à 23 grains, la plupart étoient en colonne à quatre faces, leur goût eſt celui de l'alkali très-adouci, ſi on en met un ſur un charbon ardent, il décrépite ainſi que pluſieurs autres ſels, il perd alors ſa tranſparence & ſe charge en une poudre blanche; enfin ce ſel eſt entièrement ſoluble dans les acides, celui de vitriol le diſſout avec efferveſcence, & la vapeur qui s'en élève me paroît ne point différer de celle qu'on obtient en ſaturant un alkali avec le même acide; l'acide du ſel marin le diſſout auſſi entièrement avec efferveſcence : on en peut dire autant de l'acide nitreux & du vinaigre diſtillé; je dois même faire obſerver qu'après l'acide marin, c'eſt ſurtout dans le vinaigre diſtillé qu'on doit faire l'Expérience de la diſſolution, ſi on veut en tirer quelques conſéquences; car ſi on jette dans ce dernier acide un cryſtal de ce ſel, comme l'efferveſcence eſt peu tumultueuſe, on peut, en ſuivant de l'œil la diſſolution, remarquer que le mouvement excité par l'action du diſſolvant, ne finit qu'au moment où le dernier atome de ſel eſt diſſous, ce qui ne permet pas d'attribuer l'efferveſcence à l'alkali fixe, dont on pourroit peut-être ſoupçonner notre ſel d'être mouillé, vu que la liqueur dans laquelle il a liſé étoit alkaline.

Il eſt hors de mon ſujet de m'étendre davantage ſur cette matière, qui eſt trop intéreſſante pour ne pas mériter un travail ſuivi, mais ſéparé de l'analyſe dont l'Académie me permet de l'entretenir aujourd'hui. J'ai déjà une ſuite d'Expériences faites dans le deſſein de découvrir la nature du gaz qu'on

retire de certains corps. Je me propose d'y en ajouter encore d'autres & d'en former quelque jour un Mémoire que j'aurai l'honneur de présenter à l'Académie, si elle veut bien me le permettre.

SECONDE PARTIE,

Contenant les Expériences faites par la voie humide.

Lorsqu'on expose cette Mine à l'action des acides minéraux soit crûe, soit calcinée, elle en est facilement attaquée, &, à l'exception des parties de quartz qui y sont plus ou moins abondantes, elle s'y dissout entièrement, elle ne résiste même pas à l'acide végétal.

Rapport de la Mine avec l'Acide vitriolique.

Première Expérience.

Si on fait digérer à une chaleur douce une once de Mine crûe pulvérisée dans une suffisante quantité d'acide vitriolique, la dissolution s'en fait paisiblement, & si, par des précautions indiquées par l'art, on est parvenu au point de saturer l'acide en dissolvant tout ce qui est soluble, il ne restera dans la capsule que quelques grains de quartz sous la forme d'un sable menu & d'une blancheur parfaite; qu'on mette la dissolution au point de donner des crystaux, on obtiendra environ quatorze gros de vitriol martial & quelque peu d'eau mere.

Deuxième Expérience.

Que l'on fasse calciner une once de la même Mine, pour lui

faire perdre le gaz qui la minéralise, on la réduira, à quelques grains près, aux deux tiers de son poids, c'est-à-dire, à environ cinq gros 24 grains (*a*).

Que l'on traite ces cinq gros 24 grains de Mine calcinée avec de l'acide vitriolique, comme il a été dit dans la première Expérience, l'effervescence sera presqu'aussi forte que celle qui s'excite dans la dissolution de limaille de Fer avec le même acide; que l'on mette la liqueur au point de crystalliser, on obtiendra autant de vitriol martial qu'on en auroit obtenu d'une once de Mine non calcinée; ce qui prouve démonstrativement, que tandis que le Fer de la Mine crûe se combine avec l'acide, la substance volatile ou le gaz auquel le Fer devoit sa forme crystalline s'évapore.

Troisième Expérience.

J'ai mis une once de Mine dans une petite retorte de verre, j'y ai aussi introduit à l'aide d'un tube deux onces d'acide vitriolique concentré, j'ai adapté un petit balon mouillé avec de l'alkali dissous; le feu fut poussé assez légèrement, mais suffisamment pour faire passer un peu de liqueur dans le récipient, l'alkali fixe s'étant coagulé, je retirai le balon, & à l'aide d'un peu d'eau distillée, j'en retirai le sel que je fis crystalliser de nouveau, & que je reconnus pour être du tartre vitriolé.

On peut déjà juger, d'après cette Expérience, que les intermèdes acides doivent être rejettés, si on veut se procurer un gaz pur.

(*a*) En calcinant une once de Mine, on perd tantôt plus, tantôt moins, ce qui reste dans le test, pèse quelquefois plus de cinq gros vingt-quatre grains, & quelquefois moins, cet accident dépend du plus ou du moins de quartz qui s'y rencontre; circonstance qui fait aussi varier le volume de gaz qu'on retire de cette même Mine.

En faiſant cryſtalliſer différentes diſſolutions de notre Mine dans l'acide vitriolique, j'ai eu quelquefois un peu de félénite calcaire, & quelquefois je n'en ai pas obtenu un atome, ce qui me porte à conclure, qu'outre le quartz, cette Mine contient auſſi quelques petites portions de terre calcaire : j'aurai dans un inſtant une nouvelle occaſion de faire obſerver l'exiſtence de cette terre dans notre Mine ſpatique d'une manière plus marquée.

Quatrième Expérience.

Dans la vue de découvrir ſi la Mine contenoit quelques portions de cuivre, j'ai fait diſſoudre dans de l'eau diſtillée tout le vitriol que j'avois obtenu, en faiſant cryſtalliſer différentes diſſolutions de Mine crûe & de Mine calcinée ; mais ayant tenu, pendant pluſieurs jours dans la liqueur, une lame de couteau bien avirée ſans appercevoir la moindre trace de cuivre précipité, je crois être en droit de conclure que notre Mine ne contient point de cuivre.

Rapport de la Mine avec l'Acide nitreux.

Première Expérience.

Ayant mis, dans un petit matras, une once de Mine crûe pulvériſée, j'ai verſé deſſus ſix gros d'acide de nitre très-pur ; il ne ſe fit dans les premiers inſtans aucun mouvement ; mais, après quelques minutes, il s'établit une légère effervefcence, qui continua pluſieurs jours (*a*) ; l'acide prit, en ſe ſaturant, une couleur jaune foncée, je la décantai & lui en ſubſtituai d'autres, l'effervefcence ſe rétablit & dura juſqu'à la diſſolution totale qui ſe fit ſi lentement, qu'elle ne fut complète que vers le douzième

(*a*) L'opération ſe faiſoit à froid, car ſi on emploie le feu, la diſſolution ſe fait beaucoup plus vîte.

jour ;

jour; comme la Mine que j'avois employée étoit fort pure, il ne resta dans le matras que six grains $\frac{1}{2}$ de quartz.

J'ai fait évaporer cette dissolution jusqu'à siccité, & je l'ai tenue au feu de calcination le tems nécessaire pour lui faire perdre tout l'acide qu'elle contenoit, il resta dans la capsule cinq gros douze grains de safran de Mars d'une couleur brune ou presque noire, & qui n'étoit plus attirable par l'aimant.

Cette Expérience prouve, de plus en plus, qu'une once de notre Mine la plus pure, contient réellement $\frac{2}{3}$ de fer & $\frac{1}{3}$ d'une substance volatile, qui s'évapore dans la dissolution par un acide aussi-bien que par la calcination dans les vaisseaux ouverts ou fermés.

Deuxième Expérience.

J'ai pris deux petites retortes de verre, je les chargeai chacune d'une once de Mine concassée, dans laquelle on appercevoit quelques grains de quartz; je les ai placées sur un bain de sable, & j'ai adapté à chacune un appareil chymico-pneumatique, dont l'un avoit un récipient où j'avois mis une couche d'huile, tandis que l'autre étoit simplement rempli d'eau.

En 24 heures, l'eau du récipient avec l'huile fut déprimée jusqu'au degré qui indiquoit 60 onces, & dans le même espace de tems, celle qui étoit dans le récipient sans huile, avoit à peine atteint le degré qui en indique seize : cependant tout se passoit également dans l'une & l'autre retorte; l'effervescence étoit la même, & le procédé se faisant à froid, le degré de température étoit aussi le même. Le quatrième jour, je chauffai légèrement le bain de sable, la dépression suivit la même marche dans l'un & dans l'autre appareil; dans l'un, elle étoit peu marquée; dans l'autre, elle étoit très-sensible, en sorte que le septième jour, depuis le commencement de l'opération, la superficie de l'eau du récipient avec l'huile, étoit vis-à-vis le degré qui indique 116 onces, & celle du

récipient ſans huile, un peu au-deſſous du degré qui en indique 21.

A cette époque, l'effervescence me parut abſolument finie, & j'en fus convaincu en voyant l'eau remonter dans les récipiens fort lentement, à la vérité, mais ſuffiſamment pour annoncer qu'il ne ſe dégageoit plus rien.

Je défis les appareils, le récipient avec huile exhaloit une forte odeur d'acide nitreux, celui où il n'y avoit point d'huile, non-ſeulement répandoit la même odeur, mais l'eau dont il étoit encore preſque plein, avoit un goût très-acide, qui lui avoit été communiqué par l'eſprit de nitre, qui s'étant élevé à l'aide du gaz, s'étoit, auſſi-bien que ce dernier, abſorbé dans l'eau, à meſure qu'ils ſe dégageoient l'un & l'autre.

Il reſta, après la diſſolution des deux onces de Mine employées, 25 grains de quartz de l'une, & 19 grains $\frac{1}{2}$ de l'autra (*a*).

On voit, par cette double Expérience, combien il eſt néceſſaire d'interpoſer un travers de doigt d'huile entre l'eau & le gaz, quand on veut meſurer le volume de ce dernier; mais ce qui mérite principalement d'être remarqué, c'eſt, ſans contredit, cette portion d'acide nitreux, qui, s'élevant avec le gaz & ſe mêlant à l'eau, ne peut que jetter dans l'erreur ceux des Chymiſtes, qui, dans leurs recherches ſur la nature de ce fluide, emploieroient des intermèdes acides pour le dégager.

Troiſième Expérience.

Si notre Mine ſe diſſout dans l'acide nitreux, avant ſa calcination, elle le fait encore plus facilement & avec plus d'effer-

(*a*) Comme, dans cette Expérience, la Mine n'étoit pas en poudre, ce quartz étoit en morceaux aſſez gros pour ſouffrir le coup d'un briquet.

vefcence, lorfqu'elle a fubi cette opération. J'en ai fait diffoudre cinq gros 21 grains, qui étoient le produit d'une once de Mine crûe, & ayant retiré par la diftillation, tout l'acide nitreux, je lavai avec de l'eau diftillée, le fafran de Mars, qui étoit refté dans la cornue, l'eau me parut avoir diffous quelque chofe de falin, elle fut filtrée, & l'alkali fixe en précipita 22 grains d'une terre blanche, que des Expériences décifives me firent reconnoître pour être de nature calcaire.

Si nous ajoutons cette nouvelle preuve à celle que nous a déjà donné la félénite retirée de la même Mine par le procédé avec l'acide vitriolique, nous reconnoîtrons dans cette Mine des portions de terre calcaire, qui, ainfi que le quartz, y font éparfes & ifolées.

Son rapport avec l'acide de Sel marin.

L'acide de fel marin diffout également la Mine de Fer fpatique, foit devant, foit après fa calcination, & cet agent eft auffi-bien que les autres acides, un excellent intermède pour féparer les portions de quartz d'avec celles qui font purement métalliques; mais, comme il m'a été d'un très-grand fecours dans cette analyfe, & que c'eft lui qui m'a fait foupçonner que le zinc pourroit bien exifter dans la Mine, je dois dire un mot fur la manière dont il en fait la diffolution.

Ayant mis dans un petit matras demi-once de Mine crûe pulvérifée, & une quantité proportionnée de très-bon acide de fel marin, il fe fit fur-le-champ une vive effervefcence; lorfqu'elle fut ralentie, on appercevoit fur la partie de la Mine qui n'étoit pas encore diffoute, quelques corpufcules noirs qui en faliffoient la blancheur; je n'avois rien obfervé de femblable dans les diffolutions par les acides de vitriol & de nitre; je me rappellai fur-le champ l'effet de l'acide de fel marin fur le zinc: (on fait que, dans la diffolution de ce demi-métal

par cet acide, il s'en sépare de petits flocons noirs,) je crus que ceux que je venois d'observer, dénotoient que le fer étoit dans la Mine uni à une portion de zinc, je me déterminai aussitôt à m'en convaincre par quelques Expériences qui ne laissent aucun doute.

Procédé par lequel il est démontré que la Mine contient du Zinc (*a*).

Qu'on mette dans un petit matras une once de notre Mine calcinée, qu'on y ajoute 40 grains de vitriol martial; qu'on verse sur le tout six onces d'eau distillée, & qu'on laisse digérer à froid pendant 10 ou 12 jours avec la précaution d'agiter le matras toutes les fois que l'occasion s'en présente, qu'on filtre la liqueur & qu'on la fasse évaporer à une chaleur douce, quand elle sera réduite à cinq ou six gros au plus, on la retirera du bain de sable, & on l'abandonnera à l'évaporation spontanée, au moyen de laquelle on obtiendra une belle crystallisation de vitriol blanc, dont le poids sera de 25 ou 26 grains.

Cette Expérience que j'ai répétée sur différens échantillons de Mine & toujours avec un pareil succès, démontre jusqu'à l'évidence que, dans notre Mine, le fer est uni à une portion de zinc.

(*a*) Ce procédé, qui peut être de la plus grande utilité dans certaines occasions, est fondé sur les loix des affinités, je ne le donne pas comme nouveau, il étoit connu des Chymistes du siécle passé; mais, si je ne me trompe, on n'y a pas trop fait d'attention parmi nous. Les Allemands, au contraire, n'ont pas manqué de le célébrer dans leurs écrits, *Pott* entr'autres en fait mention dans sa Dissertation sur le Zinc, en ces termes : *Jam glauberus & becherus adverterunt, quod Zineum ex vitriolo precipitet, exhabitans metallum & semetipsum acido vitriolico associet, tanquam corpus istis solubilius, & cum eo vitriolum Zincinum efformet.*

Expériences qui prouvent que le Fer est dans la Mine spathique sous la forme métallique.

Je pourrois rapporter un grand nombre d'Expériences, qui prouvent que le Fer est dans notre Mine sous sa forme vraiment métallique, qu'il y est enfin avec tout son phlogistique; mais je me contenterai d'en citer quatre, qui me paroissent ne rien laisser à desirer sur ce sujet.

1.° La Mine calcinée est totalement attirable par l'aimant.

2.° Elle se dissout entièrement avec facilité & avec une effervescence très-vive dans l'acide nitreux.

3.° Je m'en suis servi avec succès pour revivifier le mercure du cinnabre.

4.° Ayant exposé dans les vaisseaux fermés un mêlange de minium & de mine, le plomb s'est réduit comme il auroit fait avec de la limaille de fer.

En démontrant que le Fer est dans la Mine calcinée, sous la forme vraiment métallique, je crois avoir levé tous les doutes qu'on pouvoit avoir sur l'état où il se trouve dans la Mine crûe.

CONCLUSION.

Il résulte de l'examen chymique que j'ai l'honneur de soumettre au jugement de l'Académie.

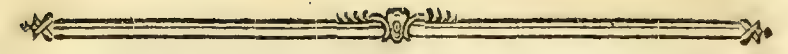
1.° Que la Mine spathique qui en fut le sujet, considérée dans son état de pureté, est une combinaison de fer & de gaz, être singulier qui donne au fer la propriété de prendre, en crystallisant, la forme que nous lui voyons dans cette Mine.

2.° Que, dans cette combinaiſon, le gaz eſt au fer à-peu-près comme un eſt à trois.

3.° Que ce Fer eſt uni à une petite portion de zinc.

4.° Que cette Mine, conſidérée en maſſe, ſe trouve dans quelques endroits mêlangée de quartz & de ſpath calcaire.





OBSERVATIONS
SUR
LA MINE DE PLOMB
DE HUELGOAT EN BASSE BRETAGNE.

Par M. DUHAMEL.

LA MINE DE HUELGOAT s'exploite dans une montagne d'environ cent cinquante pieds de hauteur perpendiculaire, à partir du niveau du ruiſſeau dont l'eau fait mouvoir les machines hydrauliques & boccards à l'uſage de cette mine; ſa pente eſt d'environ quarante-cinq degrés, & ſon expoſition Nord-Oueſt. Préſenté le 30 Août 1776.

C'eſt dans cette montagne que la Ducheſſe Anne a fait autrefois travailler un filon de mine de plomb riche en argent; mais elle s'eſt bornée à exploiter dans la partie ſupérieure de la montagne juſqu'au niveau du ruiſſeau; il paroît que trois choſes ont empêché ſes ouvriers d'aller en profondeur. 1.° L'abondance des eaux qui filtrent dans cette mine; 2.° le défaut de connoiſſances dans l'hydraulique, ſoit pour la conſtruction des machines pour l'épuiſement des ces eaux, ſoit pour en conduire ſur ces machines par des canaux fort longs & très-coûteux; 3.° enfin parce que ce filon s'étoit reſſerré & appauvri, & qu'il ne paroiſſoit pas mériter les frais conſidérables & inévitables qu'il falloit faire pour parvenir à une plus grande profondeur.

L'exploitation de cette mine a été repriſe & ſuivie avec ſuccès par la Compagnie des mines de baſſe Bretagne, qui n'a rien

épargné pour porter cet établiſſement au degré de perfection où il ſe trouve aujourd'hui, & on peut dire, avec vérité, que le zèle de cette Compagnie mérite les plus grands éloges & l'attention du Gouvernement par le bien qu'elle fait dans la Province; on peut ajouter que ſans elle cette mine ſeroit encore dans l'oubli, & peut-être à toujours perdue pour l'État.

Je ne m'arrêterai pas à faire la deſcription des travaux & machines de cette mine; je me bornerai à rapporter ſuccinctement ce que j'y ai remarqué de particulier, & qui peut intéreſſer les Naturaliſtes. Il convient néanmoins de dire que le filon principal que l'on exploite dans les montagnes dont j'ai déjà parlé, a ſa direction du Midi au Nord, & que tous ces filons métalliques qui ont une direction oppoſée, c'eſt-à-dire, de l'Eſt à l'Oueſt ſont regardés comme ſtériles en Bretagne, les meilleurs ont leur direction depuis neuf heures juſqu'à midi, & de midi à trois heures; les autres directions n'ont jamais rien donné d'intéreſſant dans cette Province. Si on les ſuit par quelques galeries, c'eſt moins pour y chercher des ſubſtances métalliques que pour reconnoître la nature du terrain, & s'aſſurer s'il n'y auroit pas de filons ou branches de filons parallèles au principal, ou pour procurer de l'air, écouler les eaux, &c. J'aurai occaſion, dans la ſuite, d'entrer dans un plus grand détail ſur cette Obſervation que M. le Chevalier d'Arcy a faite avant moi.

Ce qui m'a le plus frappé en viſitant la mine du Huelgoat, c'eſt d'avoir trouvé le filon accompagné tant au toit qu'au mur, d'une épaiſſeur de dix à douze pieds de pierres roulées ou galets de différentes groſſeurs; elles ſont ou parfaitement ſphériques ou oblongues; les intervalles ou interſtices que laiſſent entr'eux ces galets ſont remplis de terre blanche, & quelquefois ochracée, qui n'a que peu de ſolidité, ſur-tout lorſqu'elle a été expoſée pendant quelque temps à l'air; cette eſpèce de glue ou moëlle de pierre permet de détacher

facilement

facilement les galets les uns des autres; elle ne m'a pas paru faire d'effervefcence fenfible avec les acides.

Les travaux de cette mine font maintenant à plus de quatre cens cinquante pieds de profondeur, à compter du fommet de la montagne, & à plus de trois cens au-deffous du ruiffeau, & on ne difcontinue pas de trouver les mêmes bancs de galets fervant de toit & de mur au filon; fans doute qu'on les trouvera encore beaucoup plus bas : mais ils ne paroiffent pas s'étendre beaucoup en longueur.

Le minéral de plomb eft communément très-beau & abondant entre ces deux bancs de galets, & le filon y eft auffi puiffant & auffi riche que lorfqu'il a paffé dans fa matrice ordinaire, qui communément eft granite d'un côté & fchifte de l'autre.

Les galets dont je parle, reffemblent parfaitement à ceux qui ont été pendant un très long temps expofés au flux & reflux de la mer, & que l'on voit fur fes rives.

La montagne en queftion, ainfi que tous les environs, font compofés de granite & pierre fchifteufe; les galets environnant le filon font au contraire quartzeux, & la majeure partie femble être une glaife bleuâtre durcie ou pétrifiée fort dure qui ne fe délite pas; je n'ai apperçu aucuns coquillages dans la terre blanche qui remplit les intervalles de ces pierres.

Ce qui paroît le plus extraordinaire dans ces bancs de pierres roulées, c'eft leur difpofition; car, comme je l'ai déjà dit, l'un fert de mur au filon & l'autre eft fon toit : fi l'inclinaifon du filon étoit de 45 degrés, & qu'il ne fe trouvât des galets que dans le mur, c'eft-à-dire, dans la partie fur laquelle le filon feroit appuyé, on pourroit en ce cas expliquer comment elles auroient pu s'y dépofer; mais l'inclinaifon du filon eft d'environ 60 à 70 degrés, c'eft-à-dire, que l'angle que fa pente fait avec la ligne horizontale eft de 60 à 70 degrés, & que celui que cette même pente fait avec la verticale eft de

20 à 30 degrés : comment donc pouvoir ſe faire une idée de la manière avec laquelle ces bancs de galets ont pu ſe former ? S'il n'y avoit que celui du mur, la queſtion ſeroit plus aiſée à réſoudre ; mais comment concevra-t-on que celui du toit incliné ſur le filon de 60 à 70 degrés, ait pu ſe ſoutenir pour permettre à ce filon de ſe former entre ces deux remparts inclinés ; ce qui m'a paru d'autant plus étonnant, qu'il ne ſe trouve pas de galets dans le corps du filon ; ſi j'y en avois apperçu, j'aurois imaginé que la montagne après s'être fendue, ſoit par le deſſèchement, ſoit par des tremblemens de terre ou autres cauſes, j'aurois penſé, dis-je, que cette fente auroit pu ſe remplir de galets qui y auroient été chariés dans une grande inondation, & que, par ſucceſſion de tems, les intervalles ou interſtices de ces galets auroient pu ſe remplir des ſubſtances métalliques qui compoſent le filon, ainſi que du quartz, ſpath & pirites qui l'accompagnent ; mais il n'eſt rien de tout cela, car ce qui conſtitue le filon, qui communément a plus de ſix pieds de largeur, eſt très-diſtinct des deux bancs de galets qui l'environnent, & ſans aucun mêlange, ſi l'on en excepte la partie deſdits bancs qui touche le filon, qui le plus ſouvent eſt couverte de minéral de plomb, pyrite, quartz & ſpath.

La diſpoſition du filon de la mine du Huelgoat ne permet pas de douter qu'il a été formé poſtérieurement aux deux bancs de galets qui lui ſervent de voûtes ou de parois.

Comment donc expliquera-t-on la manière avec laquelle leſdits galets ont pu ſe ſoutenir dans des plans preſque verticaux, & avoir conſervé cette poſition aſſez de tems pour avoir permis aux matières minérales & métalliques de remplir leur intervalle, & en former le filon que l'on exploite aujourd'hui ?

Ne pourroit-on pas penſer que les deux bancs de galets n'en ont d'abord fait qu'un, qui, par la ſuite, ſe ſera trouvé fendu ou partagé en deux par de nouveaux tremblemens

de terre ou autres causes, qu'alors ayant acquis un certain degré de solidité à cause de la terre qui remplit les intervalles desdites pierres, ces deux bancs auront pu se soutenir dans leur position inclinée, & qu'ensuite le filon se sera formé en remplissant le vide?

Ne pourroit-on pas aussi croire que cet amas de pierres roulées s'est fait de manière que la partie actuellement occupée par la largeur du filon étoit, dans son principe, plus terreuse que les autres, qui sont de pierres dures? Que les eaux souterraines auront peu-à-peu délayé & transporté cette terre dans d'autres fentes, & que les substances métalliques en auront pris la place?

Si l'on admet que ces pierres rondes sont le résultat de la crystallisation, ce phénomène sera plus aisé à expliquer. J'ai seulement osé hasarder ici mes idées sur cette matière, qui n'est que conjecturale, au-dessus de mes foibles connoissances, & que je soumets au jugement de l'Académie, qui, mieux que moi, pourra l'expliquer d'une manière satisfaisante.

Si le tems me l'eût permis, j'aurois levé les plans, coupe & profil de cette mine; j'y aurois exprimé les bancs de galets, & j'aurois été beaucoup plus à même d'entrer dans des détails plus circonstanciés & plus instructifs. J'ajouterai seulement ici, que faisant, l'été dernier, la visite de cette mine avec Messieurs les Députés de la Compagnie, M. le Chevalier d'Arcy étant sur les lieux, j'apperçus, dans plusieurs parties du filon, deux substances qui se trouvent fréquemment dans des cavités qui en sont remplies, l'une d'une ochre martiale que les Allemands appellent *gilben*, & l'autre d'une terre noire & légère comme de la suie, présumant que ces deux matières (qui ci-devant étoient rebutées ou passées aux laveries avec les autres, & emportées par les courans), présumant, dis je, qu'elles devoient contenir de l'argent, j'en pris que je mis séparément; j'en fis faire les essais; elles se trouvèrent tenir plus d'un marc

d'argent par quintal; il y a des parties beaucoup plus riches en ce métal que les autres.

La matière noire, qui certainement eſt en partie un plomb décompoſé, donne, outre l'argent, quelques livres de plomb auſſi par quintal. L'argent contenu dans la matière ochracée, provient ſans doute auſſi de la décompoſition de quelques parties de mine de plomb riche en argent, & l'ochre qui l'enveloppe eſt le réſultat de la décompoſition des pyrites: il eſt à préſumer que l'argent y exiſta ſous ſa forme métallique, c'eſt-à-dire, comme natif; la mine de plomb avec laquelle il étoit minéraliſé par le ſoufre ne s'étant décompoſée, il eſt reſté à nu, & s'eſt trouvé enveloppé par l'ochre provenante de la décompoſition des pyrites.

M. le Chevalier d'Arcy ordonna de ramaſſer avec ſoin ces matières pour les fondre comme les terres de monnoie dans le fourneau à manche avec des matières tenant plomb, comme fonds de coupelles ou teſt, craſſes blanches, &c. Le plomb revivifié de ces matières ſe charge de l'argent contenu dans celles ci-deſſus, & il eſt enſuite paſſé à la coupelle.





MÉMOIRE
SUR
UNE ESPÈCE DE MINE
DÉCOUVERTE NOUVELLEMENT A S.TE MARIE-AUX-MINES.

Par M. MONNET.

C'EST UN GRAND MALHEUR souvent pour les exploitations des Mines lorsque la Nature y présente quelques matières extraordinaires qu'on n'y a pas vues encore, & dont l'apparence n'est point métallique; car les Mineurs n'y soupçonnant pas de métal, la jetent ou la mettent à l'écart indifféremment. C'est ce qui est arrivé depuis peu à Sainte-Marie-aux-Mines. M. *Schreiber*, Directeur, faisant ouvrir une ancienne galerie, & ayant porté ses recherches au-delà de son fonds, les Mineurs trouvèrent une matière molle, blanche ou grise, & très-légère, qu'ils ne soupçonnèrent nullement contenir rien de métallique. Une très-grande partie de cette matière fut perdue ou emportée par les grandes eaux, avant qu'on y soupçonnât rien d'extraordinaire, & plusieurs centaines de marcs d'argent ont été perdues, avant qu'il vînt en pensée aux Mineurs qu'il pouvoit y avoir de ce métal précieux. Mais le coup-d'œil d'un vieux Maître-Mineur manquoit; une indisposition l'avoit empêché d'aller à la mine depuis quelque tems. M. Schreiber étoit absent, & tout sembloit conspirer pour faire faire cette grande perte; mais enfin ce Maître-Mineur arrive, visite les travaux, voit de notre matière à terre, en ramasse des échantillons; il les examine, il en met

Présenté en Mars 1777.

ſur ſa langue, il n'y ſent aucun goût; il paſſe la lame d'un couteau ſur les parties ſolidifiées à l'air, elles deviennent luiſantes comme le poli d'une glace; il comprime les molles; il voit que leur peſanteur devient plus ſenſible à meſure que leur volume diminue; il voit encore que les parties expoſées long-tems à l'air, deviennent d'un gris tirant ſur le violet. Il ramaſſe enſuite tout ce qu'il peut de cette matière, il l'examine encore & s'afflige: quelle eſt la cauſe de cette grande triſteſſe? Il répond qu'il y a de l'argent dans cette matière, & qu'on en a perdu beaucoup, il court auſſi-tôt à Sainte-Marie, frappe à la porte de M. *Schreiber*; eſſayons, dit-il, cette matière ſingulière, & il raconte à M. *Schreiber* tout ce qui s'eſt paſſé. Ce Directeur voit cette matière, & y ſoupçonne auſſi-tôt de l'argent. Le fourneau de coupelle eſt allumé; la ſcorification s'en fait comme à l'ordinaire; aucune vapeur ſulfureuſe ne s'en élève, mais une matière blanche particulière. On coupelle, & on retire un grain d'argent qui annonce 55 livres d'argent au quintal. A cet aſpect M. *Schreiber* ſurpris, étonné, demeure plein de regrets par la perte qu'on a faite de cette matière. Il donne des ordres pour faire de nouvelles recherches à cet égard; mais la Nature refuſe de faire de nouveau ce préſent. Plus il eſt précieux, & plus il eſt douteux qu'on le reçoive encore. Il faut s'en tenir au peu qu'on en a, & l'examiner de nouveau. Quelle eſt cette matière ſingulière, m'écrit M. *Schreiber*? Examinez-la & mandez-moi ce que vous en penſez.

Je reçus quatre morceaux de cette précieuſe mine, chacun d'une once & demi à-peu-près. Je vis, comme le Mineur, que cette matière étoit fort friable, blanche en dedans, & en un mot reſſemblante à une terre argilleuſe non tenace. Je vis que l'endroit gratté paroiſſoit bientôt de couleur brune tirant ſur le violet; je me rappellai auſſi-tôt que l'argent précipité de la lune cornée, prend préciſément la même couleur. Des ſoupçons me viennent auſſi-tôt. Je cherche chez tous les Auteurs de Minéralogie les caractères qu'ils ont aſſignés

à cette précieuse & très-rare mine, qu'ils ont nommé mine d'argent cornée. Cronstedt & Vallérius ne me disent rien qui se rapporte à ma mine. Dans la leur, il y a du soufre, & dans celle-ci, il n'y en a pas; elle se rapporteroit bien plus à celle que ce dernier Auteur expose sous le titre de guhr d'argent ou de mine d'argent terreuse & friable. Je me rappelle que M. de *Beden*, Directeur-général des Mines aux Hartz, voyageant autrefois en France, montroit aux Amateurs de la Minéralogie un morceau de mine blanche à demi-transparente sur ses bords, & ressemblante assez à de la corne, qu'il conservoit très-soigneusement dans une boîte d'or, comme autrefois les dévots leurs Reliques; il disoit que cette mine étoit la véritable mine cornée, c'est-à-dire, une combinaison réelle de l'argent avec l'acide marin; il disoit en avoir fait l'essai chymiquement; & tous ceux qui connoissoient l'exactitude & les connoissances de ce grand Mineur, l'en croyoient facilement; je me rappellai, dis-je, tout cela, & je ne trouvai encore aucune ressemblance entre cette mine & la mienne. Celle de M. de *Beden* ne changeoit pas de couleur à l'air; elle étoit solide, se laissoit couper comme la mine d'argent vitreuse, & la mienne n'a aucune de ces belles apparences. Je le répète, ce n'est qu'une terre par l'apparence, & il faut apprendre, par cet exemple, à ne rien mépriser à cause de l'apparence, mais à examiner particulièrement avant de juger.

La première Expérience que je fis sur cette mine, fut de l'essayer comme avoit fait M. *Schreiber*. J'en pris trois quintaux poids d'essai; je les mis dans un scorificatoire sous la moufle d'un de mes fourneaux de coupelle. Lorsque cette mine fut bien pénétrée de chaleur, elle se grumela & s'assembla, en répandant une vapeur qui sentoit précisément comme celle qui s'élève de la fonte de la lune cornée. En fusion, elle étoit blanche, & me piquoit les narines comme elle. Le feu augmenté, cette matière se fondit en une matière noirâtre bourbeuse, & les vapeurs blanchâtres furent plus

abondantes. Alors je portai dans le ſcorificatoire ſix quintaux de plomb d'eſſai (1). La ſcorification ſe fit très-facilement, & en moins d'un quart d'heure je trouvai l'eſſai propre à être jeté ſur plaque. Le bouton ſéparé des ſcories, parfaitement vitrifiées & d'un beau noir, fut porté ſur une coupelle propre à le recevoir. L'éclair paſſé, il me reſta un bouton du poids de 150 livres, ce qui fit 50 livres d'argent au quintal. La différence du produit de mon eſſai d'avec celui de M. *Schreiber* eſt de 5 livres, quoique j'euſſe pris de la mine la plus pure qu'il m'avoit été poſſible d'avoir. Cette différence étoit peut-être dûe à ce que j'avois tenu plus long-tems ma matière dans le ſcorificatoire pour avoir le tems d'examiner ſuffiſamment ces vapeurs, qui avoient vraiſemblablement emporté une partie de l'argent. Je ne devois pas être étonné de cette perte; je vis au contraire par elle une nouvelle preuve de l'exiſtence de l'acide marin dans cette Mine; car on doit ſavoir, & j'ai montré, dans mes Recherches ſur la diſſolution des métaux, que c'eſt un effet ordinaire à cet acide d'emporter avec lui une portion de l'argent; mais il ſe pouvoit auſſi que je n'euſſe pas eſſayé une partie de cette mine auſſi riche que celle qu'avoit employé M. *Schreiber*.

2.° Je fis un nouvel eſſai de cette mine avec un demi-quintal ſeulement; je le ſcorifiai le plus promptement qu'il me fut poſſible, pour ne pas donner le tems à l'acide d'emporter l'argent, avant qu'il pût être imbibé dans le plomb. J'obtins cette fois-là 52 livres d'argent au quintal; mais je n'oſerois pas aſſurer que ce ſoit là le véritable contenu en argent de cette mine; il ſe peut encore qu'il y en ait eu une perte.

3.° Après cela, je pris une demi-once de cette Mine; je la mêlai bien exactement avec trois demi-onces d'alkali fixe

(1) On appelle *Plomb d'eſſai*, un plomb qu'on a revivifié de la litharge la plus pauvre poſſible, & provenant d'une Mine de Plomb très-pauvre elle-même en Argent.

bien pur;

bien pur; je mis ce mélange dans un creuſet bien graiſſé intérieurement. Je le couvris avec pluſieurs plaques de ſavon gris; toutes précautions qu'il faut avoir pour réduire la lune cornée avec le moins de perte poſſible. Ce creuſet, ayant été placé devant la tuyère de mon ſoufflet, je donnai le feu aſſez vivement, comme il eſt néceſſaire dans cette circonſtance. Tout ſe paſſa préciſément comme dans la réduction de la lune cornée. Comme d'elle les vapeurs s'en élevèrent, & le creuſet fut fendu & crevé vers ſon milieu; j'obtins un régule d'argent du poids juſte de deux gros, en y comprenant quelques grains, qui ſe trouvèrent diſperſés dans les ſcories. Ce produit en argent répond parfaitement, comme on voit, à celui que j'avois obtenu par la ſcorification; mais je n'en croyois pas moins avoir eu un déchet dans l'argent, comme c'eſt l'ordinaire dans cette opération, c'eſt-à-dire, lorſqu'on réduit la lune cornée.

Il y a, dans cette opération, une circonſtance dont il ne faut pas négliger de profiter pour découvrir l'acide marin; c'eſt que cet acide, ſelon que les Chymiſtes le ſavent, doit paſſer, lors de la réduction de la lune cornée, dans l'alkali fixe; mais ils ne ſavent pas tous que ſi on mène cette opération lentement, il n'y en paſſe pas du tout, & que cet acide ſe diſſipe entièrement, en emportant avec lui une portion de l'argent. J'étois donc bien intéreſſé à éviter cette faute, puiſque je cherchois dans cette opération à découvrir l'acide marin, que je ſoupçonnois dans cette mine. Après donc avoir ramaſſé ſoigneuſement les ſcories de cette fonte, je les pulvériſai; les ayant fait bouillir dans ſuffiſante quantité d'eau pure, j'en ſéparai par le filtre une leſſive alkaline, dans laquelle je me propoſois de chercher l'acide marin, qui devoit y être combiné avec une portion de l'alkali fixe. Je partageai ma liqueur en deux parts; j'en fis évaporer une pour voir ſi je n'appercevrois pas de ſel marin fébrifuge; & ſur l'autre, je fis les deux Expériences ſuivantes. Après avoir ſaturé entièrement cette liqueur avec du vinaigre diſtillé, con-

centré & très pur, je la partageai dans deux verres. Dans l'un, je versai de la dissolution mercurielle; &, dans l'autre, de la dissolution d'argent faite par l'esprit de nitre. Il se fit dans tous les deux un précipité blanc, ce qui, comme le savent les Chymistes, ne seroit pas arrivé dans cette circonstance, s'il n'y avoit pas eu de l'acide marin. Alors je me crus fondé à admettre réellement l'acide marin comme partie constituante de ma Mine, & voici comme je m'y pris, pour mettre cette vérité en évidence. Si l'acide marin est partie constituante de ma Mine, me disai-je, c'est-à-dire, si l'acide marin y est combiné réellement avec l'argent, elle doit être la même chose que la lune cornée & un être salin comme elle, à quelque différence près, qui peuvent venir des matières étrangères qui s'y trouvent confondues, comme la scorification m'avoit donné lieu de le croire. La Nature me paroîtroit bien bizarre si elle nous donnoit des corps, qui n'auroient point les qualités propres à leur espèce. Nous n'avons pas à craindre en cette occasion de nous voir démentir. Comme il y a réellement de l'acide marin dans notre Mine, elle a aussi toutes les propriétés qui sont essentielles à la lune cornée; elle est dissoluble comme elle dans l'eau, quoiqu'en ait dit plusieurs Chymistes, & en dernier lieu M. *Rouelle* dans ses procédés chymiques.

4.° Ayant pris un demi-gros de ma Mine, je la fis bouillir dans une chopine d'eau, & cette eau me fournit un enduit salin jaunâtre, qui pesoit quatre grains; ce qui répond, à quelques petites différences près, à la quantité que j'en avois dissous de la lune cornée; ici il y en avoit un grain de plus: je dis enduit salin, parce qu'il ne me fut pas possible de faire crystalliser cette liqueur, quoiqu'amenée au point convenable pour cela; elle parut toujours fort onctueuse, épaisse, & peu propre à permettre aux crystaux de se former. Cet état épais & onctueux n'étoit pas dû à la combinaison propre de l'acide marin avec l'argent; on s'en doute bien, mais à quelques matières étrangères à cette combinaison: quelle est-elle cette matière? Question qui m'embarrassa d'abord; mais, ayant soupçonné, comme

je l'ai dit, du fer dans cette Mine, je crus que ce qui augmentoit la quantité de la lune cornée diſſoute, la coloroit & en épaiſſiſſoit la diſſolution étoit une très-petite portion d'acide marin combiné avec une très-petite portion de fer, & que cette matière étoit intimement liée avec la lune cornée, ſuivant une loi que nous avons démontrée autrefois, par laquelle pluſieurs ſels métalliques ſe confondent enſemble au point de ne former qu'une ſeule & même matière ſaline. Pour donc m'éclairer là-deſſus, je fis diſſoudre les quatre grains de ma matière dans de l'eau diſtillée, & je lavai bien dans la même eau la capſule qui avoit ſervi à cette opération. Sur cette nouvelle diſſolution, je verſai quelques gouttes de la liqueur ſaturée du bleu de Pruſſe, ſelon la méthode de M. *Macquer*, & j'eus dans l'inſtant la ſatisfaction de voir qu'il s'y formoit un bleu de Pruſſe. Mais pour profiter, autant qu'il me ſeroit poſſible de cette Expérience, je verſai ſur cette même liqueur quelques gouttes d'alkali fixe diſſout & bien pur. Mon intention étoit de décompoſer par-là la véritable combinaiſon de l'argent avec l'acide marin, & de tâcher de découvrir enſuite cet acide par une de ces petites Expériences qu'on a coutume de faire dans les Laboratoires quand on fait des recherches, & dont j'ai parlé plus haut. Après donc avoir ſaturé l'excédent de l'alkali qu'il pouvoit y avoir dans cette liqueur, j'y verſai quelques gouttes de diſſolution mercurielle, & j'eus ſur-le-champ un précipité blanc.

Mais j'ai dit plus haut que j'avois expoſé une portion de la leſſive de mes ſcories en évaporation; il eſt tems de voir ce qui s'y montre. Tout ce que je viens de rapporter s'étoit paſſé pendant que cette évaporation ſe faiſoit. Cette liqueur s'étoit évaporée preſqu'entièrement; mais je ne pus y appercevoir de cryſtaux de ſel marin diſtincts & ſéparés de l'alkali fixe, & on ſait qu'en pareille occaſion rien n'eſt plus difficile que de les avoir diſtingués; tout ce que je pus faire, ce fut de goûter cette matière ſaline, en qui je crus démêler le goût du ſel marin fébrifuge de *Sylvius*.

5.° Cette démonſtration n'étant pas ſuffiſante pour moi, je pris encore deux gros de ma Mine; je les fis bouillir dans trois pintes d'eau, avec un gros de ſel alkali fixe. Rien n'eſt plus difficile que de décompoſer de cette manière la lune cornée, & je m'attendois bien d'éprouver en cette occaſion la même difficulté; mais cette difficulté même devoit m'éclairer ſur l'analogie de ma Mine avec la lune cornée. Après avoir donc fait bouillir long-tems cette eau, je la filtrai; &, comme je la trouvai encore fort alkaline, je ne m'aviſai pas d'y chercher des cryſtaux de ſel marin; j'aurois éprouvé la même difficulté que j'avois eue précédemment; je ſaturai ſeulement l'excédent de l'alkali au moyen de l'acide du vinaigre concentré, diſtillé, & je cherchai à y découvrir enſuite l'acide marin par les réactifs: en conſequence j'y verſai de la diſſolution d'argent; j'eus dans l'inſtant un précipité blanc, & tel qu'a coutume de le donner le ſel marin diſſout & étendu dans beaucoup d'eau.

Toutes ces Expériences concourent, comme on voit, à faire connoître que l'acide marin exiſte réellement dans notre Mine, & que cet acide y eſt combiné avec l'argent; mais, comme la Chymie m'offroit d'autres reſſources pour porter cette démonſtration au plus grand degré d'évidence, il eût été imprudent à moi de m'en tenir à cet eſſai ſeulement.

6.° Je pris donc encore une demi-once de ma Mine; je la mêlai avec deux gros de régule d'antimoine en poudre bien pur & bien net. Ce mélange fut mis dans une petite cornue de verre, que je plaçai au bain de ſable; &, lui ayant ajuſte un récipient d'une capacité convenable, je l'y laiſſai éprouver l'action de la chaleur. A peine ce petit vaiſſeau fut-il chaud, que je vis s'élever de ſon fond des vapeurs blanches, & telles qu'a coutume d'en donner le beurre d'antimoine; je vis enſuite des ſtries jaunâtres & ochracées s'attacher aux parois de ce vaiſſeau : en un mot, je vis tous les ſignes qui ont coutume d'accompagner la formation du beurre d'antimoine; mais je n'eus pas la ſatisfaction de voir paſſer dans le récipient de cette ma-

tière ſaline; le peu qui s'en éleva s'attacha aux parois du col de la cornue, & s'y deſſécha; c'étoit ſans doute faute d'humidité, & ce qui prouveroit peut-être que l'acide marin eſt encore plus concentré dans la lune cornée qu'il n'eſt dans le ſublimé corroſif, matière avec laquelle on fait bien plus communément le beurre d'antimoine qu'avec la lune cornée, qui n'eſt même connue de la plupart des Chymiſtes pour être ſuſceptible de ſe décompoſer au moyen du régule d'antimoine que d'après la table des affinités de M. Geoffroy. Cependant on conçoit que, dans cette occaſion, la partie de l'acide marin que je ſoupçonnois être unie à une portion de fer, ne devoit pas la quitter pour s'attacher par préférence au régule d'antimoine; car on ſait que c'eſt préciſément le contraire, & que l'acide marin s'attache par préférence au fer; mais il y avoit lieu de croire que la décompoſition qui s'étoit faite dans cette occaſion de la vraie combinaiſon de l'acide marin avec l'argent, avoit rompu la liaiſon qu'il y avoit entre ces deux matières; que la première devenue libre par-là s'étoit auſſi élevée comme nous venons de le remarquer, & que c'étoit elle qui coloroit en jaune les parois du vaiſſeau; mais, pour rendre cette conjecture plus probable, je mis auſſi-tôt deux gros de ma Mine dans un petit matras, à qui je fis éprouver le même degré de chaleur que la cornue, & pendant le même tems; rien ne monta, & il ne ſe montra aucune tache ferrugineuſe au parois de ce vaiſſeau; la matière parut ſeulement rougeâtre & moins pulvérulente que lorſque je l'y avois miſe, le fond même avoit acquis de la diſpoſition à ſe fondre.

Après avoir fait cet eſſai de comparaiſon, je voulus voir décidément ſi j'avois fait réellement du beurre d'antimoine. Il eſt des moyens de le reconnoître plus particulièrement. Le beurre d'antimoine ſe décompoſe, comme on ſait, dans l'eau; ſa partie métallique ſe ſépare de l'acide & ſe précipite ſous la forme d'une chaux très-diviſée. Je pouvois voir tout-à-coup cet effet en verſant de l'eau dans ma cornue; mais je voulus

me ménager le moyen de le voir plus à l'air, en n'y en verſant que quelques gouttes d'abord, & ce qu'il en falloit ſeulement pour délayer la matière ſans la décompoſer entièrement. Je retirai de cette manière quelque peu d'une liqueur onctueuſe, qui imprimoit en effet un goût foible de beurre d'antimoine ſur la langue. Cette liqueur ſe blanchit & ſe troubla un peu plus lorſque j'y mêlai davantage d'eau. J'ai dit que j'avois cru reconnoître une portion ferrugineuſe unie auſſi à l'acide marin dans cette matiere; c'étoit ici une belle occaſion de vérifier cette conjecture, & rien n'étoit plus aiſé; car on ſait que cette combinaiſon n'eſt pas ſuſceptible de ſe décompoſer comme le beurre d'antimoine au moyen de l'eau; à cet effet, je mis une très-petite pincée de noix de galle dans ma liqueur, en peu de tems, elle devint très noire.

Comme j'avois lieu de croire que ma Mine n'étoit pas parfaitement pure, je ſoupçonnai auſſi qu'il pouvoit y avoir une partie de chaux de fer indépendante des combinaiſons de l'acide marin, & rien n'étoit encore plus aiſé que de vérifier cette exiſtence.

7.° A cet effet, je mêlai un gros de ma Mine dans un matras avec de l'acide vitriolique; j'en mêlai autant avec chacun des autres deux acides minéraux; & ayant fait bouillir tous ces mêlanges au bain de ſable, je vis que chacun d'eux s'étoit chargé d'une portion conſidérable de fer; car non-ſeulement ils s'etoient tous colorés en jaune, mais encore la noix de galle les faiſoient venir noirs comme de l'encre. Je dois remarquer encore, en cette occaſion, que l'acide marin me parut chargé de quelque choſe de plus que du fer; car, l'ayant fait évaporer après l'avoir filtré, je vis qu'elle étoit devenue épaiſſe & cauſtique; propriété qu'on ne remarque pas dans la diſſolution ſimple du fer par l'acide marin; mais, m'étant reſſouvenu que tous les ſels métalliques ſont ſuſceptibles de ſe diſſoudre dans le même acide dont ils ſont formés, je crus qu'en

cette occaſion l'acide marin avoit diſſous une partie même de ma Mine, & j'en vis la preuve lorſqu'ayant précipité au moyen de l'alkali fixe tout ce qui put ſe précipiter de cette liqueur, je fis rediſſoudre ce précipité dans de l'acide nitreux, où ayant mis enſuite un peu d'une diſſolution de ſel marin, j'eus un précipité blanc. Le même effet n'eut pas lieu avec les diſſolutions faites par les autres acides.

8.° Cependant l'exiſtence du fer dans ma Mine, me donnoit de la ſuſpicion ſur la pureté de l'argent que j'en avois obtenu par la fonte; car, quoique je n'y euſſe mis aucune matière qui pût fournir du phlogiſtique à ce fer en chaux, il ſe pouvoit néanmoins que l'argent en eût retenu une partie avec lui en s'aſſemblant au fond du creuſet, & que ce fer ne fût pas aſſez déphlogiſtiqué pour ſe refuſer à cette aſſociation. Il étoit donc important de voir de combien l'argent en pouvoit être rendu impur. En conſéquence je mis un quart de quintal de cet argent ſur une coupelle appareillée; &, lorſqu'il fut en l'état convenable pour être coupellé, j'y portai un quintal de plomb d'eſſai. Le bouton, qui me reſta, m'annonça deux livres de perte au quintal, & cette perte ne pouvoit être dûe qu'au fer ſcorifié dans cette opération.

L'exiſtence du fer eſt donc démontrée dans cette Mine indépendamment de celui qui en fait partie véritablement, c'eſt-à-dire, de celui qui eſt combiné avec l'acide marin comme l'argent; mais cette exiſtence ne peut que jetter dans l'embarras, quand on ſait avec quelle facilité le fer décompoſe la lune cornée. Il faut croire que, dans cette occaſion-ci, il y a deux circonſtances qui empêchent cette décompoſition : la première, eſt que ce fer y eſt dans l'état de chaux, & la ſeconde, eſt qu'il n'y eſt pas mêlé bien exactement; on voit en effet des parties ochracées dans cette Mine : mais n'y a-t-il pas d'autres parties ferrugineuſes étrangères à la compoſition de cette Mine ? Voilà ce à quoi nous ne ſaurions répondre.

9.° Cependant cette facilité même qu'a la lune cornée de se décomposer au moyen du fer, & remarquée de nouveau en cette occasion-ci, par des lames de couteaux que j'avois passé sur ma Mine, qui se sont trouvées peu de tems après tachées très-fortement, me fournissoit une nouvelle idée de rendre l'acide marin sensible dans cette Mine. Je triturai de la limaille de fer neuve avec deux gros de ma Mine, après quoi j'humectai ce mêlange avec de l'eau; quelques heures de repos m'apprirent qu'il n'étoit pas même nécessaire, pour faciliter cette décomposition, de lui faire éprouver l'action de la chaleur, le gonflement & le changement de couleur m'apprenoit assez qu'elle étoit déjà faite; je le plaçai néanmoins sur le bain de sable pour en être plus assuré. La matière étendue dans de l'eau, je filtrai, & j'en eus une vraie dissolution de fer; mais étoit-elle faite par l'acide marin? C'est ce que nous allons voir. Je versai dessus de l'alkali fixe en liqueur, en prenant garde toutefois de n'en mettre que ce qu'il en falloit pour faire précipiter le fer. La précipitation du fer étant faite, je filtrai la liqueur, & la fit évaporer dans une capsule de verre au bain de sable: alors je vis distinctement & clairement des crystaux de sel marin fébrifuge de *Sylvius;* je vis, en un mot, la confirmation de mes autres démonstrations; mais, comme si j'en devois douter encore, je versai de l'huile de vitriol dessus, & il en partit des vapeurs très-fortes d'acide marin.

Voilà donc notre Mine reconnue pour être la véritable Mine d'argent cornée, tant célébrée par les Minéralogistes Allemands, & si vainement, puisque celle qu'ils nous présentoient pour exemple de cette espèce n'en étoit réellement pas (*a*) à l'égard de la manière de la fondre en grand, &

(*a*) On voit que M. *Lehmann* reconnoît de l'Arsenic dans la sienne; voyez la *Page* 115, *Tome* I. de ses Œuvres Physiques; M. *Gillert*, *page* 52 de la Chymie Métallurgie y admet du Soufre & de l'Arsenic.

d'en retirer

d'en retirer l'argent; il n'en eſt point de plus expéditive, je crois, & de meilleure que de la jeter peu-à-peu dans un bain de coupellation. J'ai eu occaſion de remarquer que cette Mine s'imbibe aſſez facilement dans le plomb fondu, & qu'elle s'y ſcorifioit très-facilement, & la raiſon de cela, je crois, vient de ce que l'acide marin quitte l'argent pour s'attacher au plomb; c'eſt Kunckel qui a fait cette remarque le premier, comme on peut le voir dans ſon Laboratoire chymique, *page* 311, & par-là on conçoit facilement que l'acide marin n'a pas le tems de volatiliſer l'argent.

Comme lune cornée, notre Mine fourniroit 60 livres d'argent au quintal, ſi elle n'étoit pas mêlée avec quelques matières étrangères; or ces parties étrangères, nous l'avons dit, ſont une portion remarquable de chaux de fer & d'autres parties terreuſes; j'y ai même vu des parties quartzeuſes qui y étoient intimement unies, & on ſait d'ailleurs qu'il n'y a pas de Mine parfaitement pure, & qui ne contiennent plus ou moins de parties terreuſes. Les plus pures ſont celles qui ſont cryſtalliſées ou en cryſtaux réguliers diſtincts & ſéparés les uns des autres; mais notre Mine, comme nous l'avons dit, n'a que l'apparence d'une terre. Dans l'envoi cependant que M. *Schreiber* m'a fait, il s'eſt trouvé un morceau quartzeux, auquel eſt adhérent une portion très-petite de cette Mine ſolide & compacte, qui ſe laiſſe couper aiſément au couteau, qui eſt très-flexible, qui ſe ternit à l'air, & y devient d'un brun-violet comme celle qui eſt terreuſe; mais je conſerve cet échantillon très-précieuſement pour me ſervir de point de comparaiſon dans d'autres occaſions.





MÉMOIRE

SUR

UNE NOUVELLE ESPÈCE

DE MOUCHE,

DU GENRE DES CINIPS,

Trouvée dans l'enceinte de la Ville de Lyon.

Par M. DE LA TOURETTE.

Préfenté en Juillet 1771.

L'INSECTE que je vais décrire, & fur lequel je hafarderai de courtes réflexions, m'a paru une efpèce nouvelle, ou, pour mieux m'énoncer, une efpèce inconnue à M. de *Réaumur*, à M. *Linnæus*, ainfi qu'à MM. *Geoffroi*, *Scopoli*, *Schæffer* & autres Savans Entomologiftes, dont j'ai parcouru les Ecrits (1). Quelques particularités extraordinaires, dans fa conformation, la rendent digne d'attention, aînfi que fa rareté: je ne l'ai vue que deux fois; je l'ai rencontrée, deux années de fuite, dans un jardin fitué au fud-eft, fur la montagne de Fourrières, au mois de Juillet, le foir après le

(1) Depuis que ceci eft écrit, au commencement d'Octobre, j'ai eu occafion de voir M. *Deſauſſure*, Profeffeur de Phyfique à Genève, de lui montrer cette Mouche, & de lui communiquer une partie de mes Obfervations. Il m'a dit que, fuivant un deffin qu'un de fes Amis lui a envoyé de la Suiffe, le même Infecte y a été trouvé depuis peu.

couchet du Soleil, toujours fixée tranquillement contre la tige d'une plante.

C'eſt une mouche femelle à quatre ailes nues. Sa grandeur & ſes couleurs pourroient la faire prendre, au premier coup-d'œil, pour une *guêpe ;* mais ſon allure eſt plus lente; elle en diffère d'ailleurs eſſentiellement, comme on le verra. Je n'ai pas encore pu découvrir le mâle.

Le fond de la mouche eſt noir, avec des taches d'un beau jaune citron. Ces couleurs, examinées à la loupe, préſentent une ſurface chagrinée, brillante, ſemée de quelques poils gris & courts, qui ſont en plus grand nombre à l'extrémité de l'abdomen ; on ne les aperçoit pas avec les yeux.

La longueur totale de la mouche eſt de ſept lignes.

LA TÊTE, naturellement inclinée ſous le corcelet, eſt noire & triangulaire *(voy. fig.* 1, *lettre a);* elle porte, ſur les côtés, deux gros yeux convexes, d'un brun luiſant, chagrinés très-finement; & en haut, ſur le derrière, trois autres petits yeux noirs, brillans, diſpoſés en triangle. *(Voy. fig.* 3, *lettre a).*

Les antennes ſont cylindriques, mais un peu renflées vers leur extrémité, & briſées en deux portions inégales *(voy. fig.* 3, *lettre b).* La première articulation très courte, d'une demi-ligne environ, ſe relève entre la tête, & s'emboîte entre deux petites éminences jaunes, au milieu du front. Les grandes articulations, compoſées de dix anneaux, ſont alors en avant, dans la poſition des antennes d'un *ſphinx (voy. fig.* 1 *&* 2, *lettre b);* elles ont deux lignes de long. Les petites articulations ſont noires parderriere, & jaunes pardevant; les grandes toutes noires.

La bouche ſimple, armée de mâchoires latérales, dures,

courtes & noires, porte sur les côtés, quatre *antenules* filiformes *(voy. fig.* 2, *lettre a).*

LE CORCELET d'un noir chagriné, relevé en bosse, est très-gros, proportionnellement au reste du corps *(voyez fig.* 1 *&* 2, *lettre c) ;* quoiqu'il paroisse solide, il est composé de trois pièces rassemblées. Sur la première, qui touche à la tête, on voit deux lignes jaunes, parallèles, qui, par leur réunion sur les côtés, forment une sorte de parallélogramme. La pièce du milieu porte, sur sa convexité, deux points jaunes, & de chaque côté, au-dessus de l'insertion des ailes, une pareille tache triangulaire, une autre tache jaune, en forme de cœur évasé, occupe une petite éminence irrégulière, faisant partie de la troisième pièce qui appuie contre l'abdomen.

Les quatre *ailes* partent du corcelet, elles sont planes, nerveuses, brunes. Vues à la loupe, leur surface paroit semée de petits points symmétriquement rangés, les ailes supérieures sont plus longues que l'abdomen, les inférieures plus petites, & d'un brun moins foncé.

Les six *pattes* tiennent également au corcelet ; les deux premières placées latéralement près de la tête, les deux suivantes en-dessous. Ces quatre pattes sont simples *(voyez fig.* 1 *&* 2, *lettre d) ;* leurs *cuisses* portent une tache noire ; tout le reste est d'un jaune clair, ainsi que la *jambe.* Les *tarses*, d'un jaune fauve, sont composés de cinq articles.

Les deux pattes postérieures sont remarquables par leur conformation *(voy. fig.* 1 *&* 2, *lettre e) ;* leurs cuisses ne sont pas immédiatement adhérentes au corcelet ; elles sont précédées de deux articulations qui partent de l'insertion des ailes, & qui sont très-fortes, noires, avec une tache jaune. Ces deux corps irréguliers ont chacun une ligne & demie de lon-

gueur. Le premier tient au corcelet, & embraſſe le ſecond qui ſe termine par un filet, auquel la cuiſſe s'attache.

Cette cuiſſe très-courte, eſt remarquable par ſa forme ovale, convexe, en manière de bouclier, dont le bord inférieur eſt armé de cinq dents, qui ſont noires, écailleuſes & pointues. La cuiſſe eſt jaune, avec une grande tache noire. La jambe, pour s'adapter à la forme de la cuiſſe, eſt elle-même courbée, de manière qu'elle l'embraſſe circulairement lorſqu'elle s'y rejoint.

L'ABDOMEN, qui comprend le *dos*, en-deſſus, & le ventre en deſſous, préſente d'autres ſingularités. Sa longueur eſt de quatre lignes & demie; ſa hauteur de trois; ſa plus grande largeur de deux. Il eſt, comme le corcelet, d'une ſubſtance corneuſe, dont la conſiſtance peut être comparée à celle des élitres des ſcarabés. Sa ſurface eſt chagrinée; ſa couleur, d'un beau noir, coupée de chaque côté par quatre bandes jaunes, d'inégales longueurs, les plus courtes placées auprès du corcelet.

La forme de l'abdomen peut être comparée à celle ſous laquelle on peint une larme. C'eſt un ovale, preſque aigu à une extrémité, & de l'autre très-obtus. Le côté pointu adhère au corcelet, par un pédicule court à peine viſible.

Si l'on conſidère la partie poſtérieure de l'abdomen, vue de face (*voy. fig.* 3), l'ovale paroît applati des côtés, & reſſerré en-deſſous. On n'apperçoit point *d'anus* à la place qu'il occupe dans la plupart des inſectes. Un *aiguillon* noir, corneux, preſque cylindrique, marqué d'une ligne longitudinale, paroît à l'œil venir de deſſous le ventre, l'accompagner dans ſa courbure par le milieu, & ſe diriger ſur l'abdomen comme une queue (*voy. fig* 1, *lettre f, & fig.* 3, *lettre c*), de la manière à-peu-près que certains quadrupèdes portent quelquefois la leur, c'eſt-à-dire, preſque parallèle à la partie ſupérieure du dos, un peu relevée néanmoins, & formant, à

à sa naissance, un angle aigu. Cette portion extérieure de l'aiguillon a trois lignes de longueur; elle est, à peu de chose près, aussi longue que l'abdomen.

L'aiguillon est doué de quelque mouvement; mais on ne sauroit, même dans l'animal vivant, le dresser à angle droit sur l'extrémité de l'abdomen, encore moins le ramener à la direction du corps.

Voilà les objets tels qu'ils se présentent au premier coup-d'œil; avec le secours de la loupe, on en découvre de nouveaux. Si l'on observe l'abdomen, vu par sa partie latérale, la courbure de son extrémité postérieure, n'est pas aussi simple qu'elle le paroît de face *(voy. fig.* 1, *lettre g).* On apperçoit à l'extrémité du dos, au-dessus de la place que l'anus devroit occuper, une petite éminence terminée en forme de bec pointu, de la couleur & de la consistance de la corne. L'aiguillon semble sortir de ce point, qui cependant ne lui sert que d'appui; on verra que son origine est intérieure.

En continuant d'examiner l'abdomen latéralement, on reconnoît qu'indépendamment des quatre bandes jaunes dont j'ai parlé, il est divisé transversalement par des lignes noires, luisantes, mais peu sensibles, & quatre anneaux de largeurs inégales, qui s'articulent les uns dans les autres. Lorsque la mouche est morte, ces anneaux sont immobiles; mais, dans l'insecte vivant, une des articulations a la faculté de s'ouvrir; c'est la première du côté du corcelet *(voy. fig.* 4, *lettre a).* A la volonté de l'insecte, elle se déboîte par le haut, & la partie inférieure fait la fonction de charnière, de cette manière la mouche plie l'abdomen en-dessous; elle le relève ensuite, ce qui communique à l'aiguillon un mouvement différent de celui qui lui est propre, & dont je parlerai.

Lorsque le ventre est baissé & l'articulation déboîtée en-dessus, la partie entr'ouverte présente une petite cavité, dans

l'intérieur de laquelle, & vers le centre, on apperçoit, avec la loupe, un petit bouton rougeâtre, charnu, doué d'un mouvement de contraction & de dilatation (*voyez fig.* 4, *lettre b*).

En procédant à cet examen, j'avois piqué la mouche au travers du corcelet, avec une épingle, afin de la tenir fixée. Elle agitoit de diverses manières sa tête, ses antennes, sa bouche, ses pattes, faisant effort pour se débarrasser. Lorsque je tournai en face de moi la partie postérieure de l'abdomen qui, depuis l'articulation entr'ouverte, m'avoit paru un corps solide en tout sens, je fus surpris de reconnoître que cette portion étoit aussi en mouvement, mais dans une direction opposée. Je vis (*fig.* 4, *lettre c*), que cette partie postérieure de l'abdomen étoit fendue verticalement par le milieu, sur sa courbure, même en-dessous, & comme divisée en deux lames ou corps convexes à l'extérieur, applatis endedans, qui s'entr'ouvroient de droite & de gauche, & se refermoient continuellement par un mouvement latéral, tel que seroit celui d'un soufflet couché sur le côté, de manière néanmoins que la fente résultant de l'ouverture, étoit plus large en bas que vers le dos.

En observant ce mécanisme avec une forte loupe, je reconnus aussi que l'aiguillon, qui m'avoit paru simple, étoit triple, comme celui de quelques autres mouches à quatre ailes; qu'il étoit composé d'un aiguillon véritable, & de deux demi-fourreaux plus longs que lui, sillonnés intérieurement pour lui servir d'étui (*voyez fig.* 2, *lettre f*).

Ces fourreaux prennent naissance sur le haut de la partie postérieure de l'abdomen, qui est fendue, ils sont appuyés, à leur origine, sur le petit bec alongé que j'ai décrit; ils sont écailleux, flexibles, mais immobiles par eux-mêmes, de sorte qu'ils participent seulement du mouvement de l'abdomen lorsqu'il se plie & se redresse, ou de celui de ses deux portions

latérales lorſqu'elles s'entr'ouvent. Dans le premier cas, ils ne ſe ſéparent point de l'aiguillon vrai; dans le ſecond, ils s'en détachent, & s'y rejoignent alternativement, en s'ouvrant & ſe refermant avec les lames de l'abdomen.

L'aiguillon vrai contenu entre les fourreaux partage, comme eux, le mouvement de l'abdomen lorſqu'il ſe hauſſe & ſe baiſſe; mais il en a d'autres qui lui ſont particuliers. L'un eſt un mouvement ſur lui-même, au moyen duquel il paroît, à ſa pointe, tantôt plus haut, tantôt plus bas que les demi-fourreaux, quittant, & reprenant leur direction. L'autre eſt un mouvement en avant & en arrière, au moyen duquel il ſort de ſon étui & y rentre. Lorſque les portions latérales de l'abdomen s'entr'ouvent & ſe referment, comme on l'a expliqué, l'aiguillon s'alonge & ſe raccourcit, c'eſt-à-dire, que relativement à ſa poſition il s'approche ou s'éloigne du corcelet, ce qui ne peut ſe faire qu'en ſuppoſant un reſſort interne, qui n'eſt autre choſe que la baſe de ce même aiguillon, prolongée dans l'intérieur, & roulée en ſpirale élaſtique.

Cette eſpèce de reſſort eſt connu dans l'hiſtoire des mouches à quatre ailes; il forme le caractère d'un des genres de M. *Wen Linné;* M. *Geoffroi* l'admet dans pluſieurs eſpèces; M. *de Réaumur* eſt le premier qui l'a obſervé, décrit & fait deſſiner (1). « L'aiguillon de ces mouches, dit-il, après être » entré dans le corps, ſe courbe pour ſuivre la convexité du » ventre, il va ainſi auprès du corcelet; là, en continuant de » ſe courber, ou même en ſe courbant davantage, il retourne » ſur ſes pas, il revient du côté du derrière, en ſe tenant au- » deſſous de la ligne qui marque la longueur de la partie » ſupérieure du corps; il va ainſi juſqu'auprès de l'anus; c'eſt » là qu'il ſe termine & qu'eſt ſon attache. Ce bout de l'ai-

(1) Mémoire pour ſervir à l'Hiſtoire des Inſectes, *Tome III, pag.* 485, *Pl.* 46, *Fig. IX,* & *Pl.* 33, *Fig. VI* & *VII.*

guillon,

» guillon, qui en doit être regardé comme la base, est donc
» fixé dans le corps presque vis-à-vis & au-dessus de l'en-
» droit où est l'autre bout du même aiguillon, où est sa
» pointe, &c. »

Ce mécanisme a beaucoup de rapport à celui de la langue du *pic-vert*; quoiqu'assez courte en apparence, elle s'alonge à la volonté de l'oiseau fort au-delà de son bec, pour aller chercher sa proie, parce que la base, qui lui tient lieu d'os yoïde, est une lame osseuse, roulée comme un ressort de montre, qui a la faculté de se dérouler & de prolonger la langue hors du bec.

Si j'avois pu me procurer plusieurs mouches semblables à celle que je décris, j'aurois ouvert l'abdomen pour m'assurer, par moi-même, de cette organisation intérieure; mais, par analogie, on doit nécessairement la reconnoître pour conforme à la description de M. *de Réaumur*, sans quoi le jeu de l'aiguillon, dont j'ai parlé, ne pourroit avoir lieu. Étant d'une consistance de corne, il est évident qu'il ne peut s'alonger sur le dos que par un prolongement intérieur & le déroulement de sa base.

Après la mort de la mouche, j'ai entr'ouvert les demi-fourreaux avec la pointe d'une épingle, l'aiguillon véritable s'en est dégagé & s'est un peu relevé (*voy. fig. 2, lettre f*); je l'ai examiné alors plus exactement avec la loupe; il m'a paru noir, à demi-cylindrique, un peu applati latéralement, surtout vers la pointe, qui est aigue, recourbée en-dessous, & d'une couleur plus claire. La portion applatie représente un couteau, dont le tranchant est dentelé, mais si légèrement que la plus forte lentille peut à peine faire découvrir ses dents.

M. *de Réaumur* (1), en observant l'aiguillon d'une mouche analogue à la nôtre, quoiqu'infiniment plus petite, prétend

(1) Ibid. *pag.* 489.

que cette extrémité dentelée que la loupe fait appercevoir, & qu'il nomme *tarriere*, eſt elle-même l'étui d'un autre aiguillon extrêmement fin, & qu'il a vu cet aiguillon délié ſortir de la tarriere, & y rentrer; ne ſeroit-ce point l'effet apperçu du véritable aiguillon entre ſes demi-fourreaux? Ce qu'il y a de certain, c'eſt que je n'ai pu rien découvrir de ſemblable à l'aiguillon de notre mouche: ſon extrémité paroît ſolide; mais on doit ſe méfier de ſes yeux, lorſqu'on voit différemment de ce prodigieux Obſervateur; d'ailleurs ce peut être une particularité de la mouche de l'*églantier*, dont il parle, malgré tous les rapports que je lui crois, en petit, avec celle qui fait l'objet de nos recherches.

Pour terminer la deſcription de ſes parties intérieures, j'ajouterai qu'en la renverſant, il s'en préſente encore une ſingulière. Nous avons vu que, dans l'état de tranquillité, le deſſous du ventre (*voy. fig.* 1, *lettre h*), paroît noir, corneux, applati des côtés, aigu par le milieu, conformé de manière qu'on diroit que la partie inférieure de l'aiguillon vient, en ſe repliant, ſe prolonger ſous le ventre, juſqu'auprès du corcelet; mais une plus exacte obſervation nous a fait voir que l'aiguillon ſortoit de l'abdomen au-deſſus de ſa courbure poſtérieure; elle découvre auſſi que la portion aigue du ventre, eſt un corps très-diſtinct de l'aiguillon.

Si l'on inquiète la mouche, elle fait mouvoir ce corps, qui eſt une petite écaille en forme de carène, longue, étroite, attachée auprès du corcelet, terminée en pointe à l'autre extrémité (*voy. fig.* 2, *lettre g*). L'écaille ſe ſoulève de ce côté, & ſe replace en s'adaptant au ventre, & l'embraſſant en partie. Je l'ai fait agir pluſieurs fois avec la pointe d'une épingle, mais on ne peut la ſoulever que d'une ligne environ; de ſorte qu'il n'eſt pas poſſible de bien voir les parties qu'elle recouvre.

Quoi qu'il en ſoit, la mouche que je viens de décrire préſente des particularités dans l'organiſation des inſectes; elles

peuvent donner lieu à plusieurs observations: je ne hasarderai que quelques conjectures, 1.° sur l'usage des parties extraordinaires qui la distinguent; 2.° sur le genre qu'il convient de lui assigner.

La tête, les antennes, la bouche, le corcelet, les ailes, les quatre pattes de devant n'ont rien de singulier; mais les cuisses postérieures en forme de bouclier dentelé, d'une grosseur démesurée, sont très-remarquables, ainsi que les deux corps, au moyen desquels elles s'attachent au corcelet. Il n'est pas aisé d'imaginer de quel usage elles peuvent être; elles ont l'air d'embarrasser l'insecte; par leur position, elles ne peuvent lui fournir une défense; placées aux pattes de derrière, il ne sauroit s'en servir à saisir sa proie; il ne s'en sert pas non plus pour sauter, quoique les cuisses renflées annoncent cette faculté dans plusieurs insectes. On peut présumer qu'elles lui sont utiles pour se cramponner lors d'une opération dont nous parlerons bientôt.

Au reste, cette conformation n'est pas unique chez les mouches à quatre ailes. M. *Wen Linné* décrit à-peu-près de même celle de l'*ichneumon ruspastor.... femoribus clavatis posticis dentatis* (1); &, suivant la description que M. *Geoffroi* donne *de sa guêpe déginguendée*, ses cuisses postérieures paroissent absolument semblables (2).

A l'égard de l'abdomen, la première observation qui se présente est que, vu sa conformation & la position de l'aiguillon, l'anus & les parties de la génération n'occupent pas leur place ordinaire, & qu'il faut les chercher ailleurs. Je ne crois pas qu'ils soient ici rapprochés, comme ils le sont dans les autres insectes. Suivant l'ordre commun, l'anus seroit à la naissance de l'aiguillon sur le petit bec écailleux, qui

(1) Syst. nat. Edition de 1767, *pag.* 937.

(2) Histoire des Insectes des environs de Paris, *Tom. II, pag.* 380. *Guêpe*, N.° 16, celle du N.° 15 a le même caractère.

lui ſert d'appui; mais, ici, les excrémens tomberoient ſur le dos de la mouche, à moins qu'elle ne ſe plaçât la tête en bas : auſſi ne voit-on là aucune apparence de cet organe, & je ſoupçonne qu'il eſt placé ſous l'écaille naviculaire, ce qui ſuppoſe à l'inteſtin une diſpoſition particulière.

Je crois, avec encore plus de vraiſemblance, que le ſexe eſt logé ſous le premier anneau du dos. J'ai fait obſerver que lorſque l'articulation s'entr'ouvroit, on voyoit, dans l'intérieur, une petite cavité, & au centre un petit corps charnu, rougeâtre qui ſe dilatoit & ſe contractoit : c'eſt-là ce qui me paroît être la partie du ſexe, & le lieu de la fécondation. J'ai été conduit à cette conjecture en appercevant ſur les bords de la cavité un petit corps rond, brun, gluant, qui avoit toute l'apparence d'un œuf de mouche. Ce déplacement, dans les parties de la génération, n'a rien d'étonnant parmi les inſectes; pour ſe borner à un exemple, celui de la *Demoiſelle (Libellula)* eſt auſſi extraordinaire (1).

D'ailleurs, ſi l'on conſidère l'uſage des aiguillons triples dans les mouches à quatre ailes qui en ſont pourvues, & la poſition particulière de celui dont il eſt ici queſtion, on reconnoîtra que la partie du ſexe ne pourroit guères occuper une autre place.

Le triple aiguillon n'eſt pas deſtiné à ſervir d'arme offenſive, c'eſt une tarrière propre à ouvrir une entaille dans une écorce ou une feuille pour y dépoſer les œufs. Une cannelure pratiquée ſur ſa longueur, fait l'office d'un canal, par lequel l'œuf coule dans le trou où il eſt introduit par la pointe de la tarrière; voilà le mécaniſme ordinaire, lorſque l'aiguillon eſt droit & ſur la même ligne que le corps; mais cette opération devient impoſſible pour notre mouche, dont l'aiguillon replié, pour ainſi dire, s'étend ſur le dos, de manière que ſa

(1) *Voy.* Inſ. Réaumur, *Tom. VI, pag.* 421.

pointe regarde la tête, & que, par le mouvement qui lui eſt propre, il s'en rapproche & s'en éloigne.

Pour ſe repréſenter la mouche travaillant à pratiquer un logement à ſes œufs, il faut la ſuppoſer placée à l'inſertion d'une feuille, à la bifurcation d'une petite branche, cramponnée contre la plante, opérant derrière elle de bas en haut, & ouvrant dans l'écorce un trou à-peu-près vis-à-vis de ſon corcelet. Si la partie du ſexe étoit à l'extrémité de l'abdomen ou ſous le ventre, on conçoit que l'œuf à ſa ſortie tomberoit ſans que l'aiguillon pût le diriger dans l'entaille, ou bien il faudroit encore ſuppoſer que l'inſecte, dans cette opération, ſe tient renverſé, la tête regardant la terre; &, dans cette ſuppoſition, je ne vois pas comment l'inſecte introduiroit ſon œuf avec ſûreté.

La Nature a pourvu à tout, ſi, comme je le penſe, elle a placé le ſexe préciſément vers la pointe de l'aiguillon, & non à ſon origine; elle a recouvert l'œuf d'une humeur gluante, afin qu'il pût s'attacher à cette pointe par un ſimple contact; de ſorte que, lorſque la mouche a fait ſon entaille à l'écorce, elle entr'ouvre l'anneau de ſon dos, ſous lequel eſt la partie du ſexe; elle dirige la pointe de l'aiguillon auprès de l'œuf qu'elle vient de pondre; il s'y attache, l'articulation ſe referme, & par le même mouvement, combiné avec le mouvement particulier par lequel l'aiguillon s'alonge, l'œuf eſt introduit & logé dans l'écorce ou dans la feuille deſtinée à devenir le berceau & la nourrice du ver qui en éclora.

Dans toutes ces opérations, il faut admettre le jeu de la ſpirale élaſtique, formée par le prolongement intérieur de l'aiguillon; c'eſt le mécaniſme qui le fait avancer & reculer, en même temps les fourreaux l'embraſſent, le dirigent & aſſurent la préciſion de ſes mouvemens, en s'ouvrant & ſe refermant, par une ſuite néceſſaire du mouvement latéral des lames de l'abdomen, tandis que l'écaille naviculaire pla-

cée ſous le ventre, ſoutient auſſi la baſe de l'aiguillon & le fortifie.

Si les choſes ſont ainſi, comme il y a tout lieu de le croire, on ne peut ſe refuſer à admirer tant de merveilles dans l'organiſation d'un petit individu ! Quelles variétés dans la marche de la Nature? que de reſſources dans ſes moyens pour arriver au même but par des voix toujours nouvelles & toujours sûres?

Il reſte à examiner quel rang notre mouche doit occuper parmi les inſectes ; s'il convient d'en former un nouveau genre, ou de la placer dans un genre connu. Cet examen n'exigera pas une longue diſcuſſion.

Le nombre & la nature de ſes ailes la fixent dans la claſſe des *hyménopteres* de M. *Linné*, qui ſont les inſectes *à quatre ailes nues* de M. *Geoffroi*, & les cinq articles de ſes tarces dans la troiſième diviſion. L'habitude générale la rapproche des genres du *frélon*, *de l'urocere*, *de la mouche à ſcie*, *du cinips*, *du diplolepe*, *de l'ichneumon*, *de la guêpe & de l'abeille*. Sans parcourir les différences ſenſibles qui la diſtinguent de la plupart de ces genres, il ſuffit de dire que ſon triple aiguillon ne laiſſe d'incertitude qu'entre les *ichneumons* & les *cinips*, ſi l'on ne ſe détermine pas à conſtituer un nouveau genre. Or ſes vrais caractères génériques nous paroiſſent eſſentiellement appartenir au *cinips*, ſoit que l'on s'arrête à celui que M. *Linné* lui aſſigne, ſoit qu'on s'attache à ceux que M. *Geoffroi* a développés. Les antennes, la briſure qui les diſtingue, la forme entière de la tête s'accordent tellement, à la grandeur près, avec la deſcription & la figure gravée de M. *Geoffroi* (1), que cette figure repréſentant un *cinips* connu, prodigieuſement groſſi au microſcope, paroît être celle de la tête, & des yeux & des antennes de notre mouche dans leur groſſeur naturelle.

(1) Inſectes, Paris, *Tom. II*, Pl. 15, *Fig.* b & c.

Le ventre présente à-peu-près la même conformité. Le même Auteur le décrit presque ovale, applati des côtés, aigu en-dessous, attaché au corcelet par un pédicule court.

L'aiguillon, qui fournit un caractère encore plus essentiel, offre autant de rapports. M. *Linné* l'appelle *aculeus spiralis* (1). M. *Geoffroi* veut qu'il soit conique, entre deux lames du ventre; il ajoute (2) que le ventre est aigu en-dessous, & que c'est dans cette espèce de tranchant que l'aiguillon se trouve caché entre les deux lames, dont la réunion forme la crête aigue du dessus du ventre. Dans notre insecte, le ventre est aigu, mais les deux lames entre lesquelles sort l'aiguillon ne sont pas sous le ventre; c'est l'abdomen lui-même divisé à son extrémité en deux portions qui représente ces lames, entre lesquelles l'aiguillon sort sur le dos. Toute la différence est donc dans la position des parties. L'organisation est à-peu-près la même; car nous avons observé que le jeu de l'aiguillon annonçoit nécessairement la spirale intérieure exigée par M. *Linné*.

S'il y avoit quelque différence réelle, ce seroit, 1.° dans la forme des fourreaux, qui est moins conique qu'imitant un cylindre un peu applati; 2.° dans la pointe de l'aiguillon, qui m'a paru faite comme un couteau à pointe recourbée, dont le tranchant est finement dentelé, ce qui ne s'accorde pas entièrement avec la description de l'aiguillon du *cinips*, qui, selon M. *Geoffroi*, est creusé comme une tarrière, & garni de dents sur les côtés.

Nous devons ajouter que, dans la description du *cinips*, cet habile Observateur ne fait point mention de l'écaille mobile que notre mouche porte sous le ventre. Ou la petitesse des espèces qu'il a examinées lui a fait échapper ce corps, ou notre mouche en seroit seule pourvue comme d'un organe nécessaire

(2) Syst. Nat. *pag.* 917.

(3) Inf. Paris, *Tome II*, *pag.* 290.

à la disposition de ses autres parties; mais j'ai cru le reconnoître dans plusieurs *cinips*, du nombre de ceux dont l'aiguillon est extérieur. Il paroît que, quoique sous une forme un peu différente, ce corps a beaucoup d'analogie avec celui que M. de *Réaumur* nomme *chaperon écailleux*, dont la mouche du *bedeguar du rossier* (1), & qu'on le retrouve aussi dans la mouche d'une galle, qui vient sur la racine du *chêne* (2); je suis même très-porté à le regarder comme une pièce essentielle à l'action des aiguillons, dont la base est roulée en spirale dans l'intérieur du corps de la mouche.

Quoi qu'il en soit, si l'écaille naviculaire mobile étoit particulière à notre mouche, peut-être seroit-on fondé à établir un nouveau genre qu'on désigneroit par ce caractère, ainsi que par les fourreaux cylindriques, par l'aiguillon simplement dentelé, & par leur position sur le dos (la cuisse en bouclier ne peut fournir qu'un caractère spécifique); mais en appréciant ces différences, elles nous paroissent trop peu essentielles. La tête, les antennes, l'aiguillon même ont trop de rapports à ceux du *cinips* pour ne pas placer notre mouche dans ce genre & dans la première famille de M. *Geoffroi.* Elle y convient encore plus précisément, si l'on s'en tient au caractère assigné par M. *Linné;* je remarque que la dernière espèce décrite dans le *Systême de la Nature* sous le nom de *cinips inanita*, porte un aiguillon recourbé en-dessus, *aculeus exsertus, rigidus, recurvatus*, &c. (3).

Je n'hésite donc pas à regarder notre insecte comme un *cinips.* Sa lenteur, son peu de vivacité fournissent encore un caractère secondaire, ainsi que le lieu où je l'ai trouvé. J'ai dit qu'il se posoit le soir sur des plantes, contre lesquelles il paroît immobile. Plusieurs *cinips* font de même, dans l'in-

(1) Mém. Inf. *Tom. III*, Pl. 46, *fig.* 5, lettre *f.*

(2) Ibid. *Planc.* 44, *Fig.* 9, lettre *e.*

(3) Syst. nat. 1767, *pag.* 920.

tention

tention de loger leurs œufs dans l'épaiſſeur d'une écorce ou d'une feuille. On ſait que la piquure qu'ils font à la plante occaſionne une extravaſion de la ſéve qui enveloppe l'œuf, prend de la conſiſtance & forme bientôt ces galles, ces excroiſſances, ces renflemens qu'on rencontre, ſous diverſes formes, ſur le *roſier ſauvage*, le *chardon hémorrhoïdal*, le *panicaud*, les feuilles du *ſaule*, du *peuplier*, &c. L'œuf produit un ver, qui ſe nourrit du ſuc de la galle, prend ſon accroiſſement, ſe met en cryſalide, pour ſortir enſuite ſous la forme d'une mouche.

Si la nôtre n'a pas les riches couleurs dont ſont parés la plupart des *cinips*, qui ſont brillans & dorés, elle en eſt dédommagée par ſa groſſeur, qui paroît prodigieuſe lorſqu'on la compare à celle des eſpèces connues. Pour juger de leur petiteſſe, il ſuffit de ſavoir que quelques-uns, au lieu de choiſir une plante pour pondre leurs œufs dans ſon écorce, les dépoſent dans des œufs même de *papillons*. Le ver, qui ſort de l'œuf du *cinips*, ſe nourrit de la ſubſtance de l'œuf du *papillon*, ſe met dans l'intérieur en cryſalide, & en ſort en forme de mouche, ſous ſa grandeur naturelle. D'autres introduiſent leurs œufs dans le corps d'un *puceron*, inſecte extrêmement petit; & ce qu'il y a de particulier, c'eſt que ſouvent le *puceron* eſt déjà mort d'une autre piquure d'une très-petite mouche *ichneumon*, qui avoit précédemment introduit ſon œuf dans ſon corps. Le ver de l'*ichneumon* eſt en cryſalide lorſque le *cinips* perce le cadavre du *puceron*. Celui du *cinips* éclos ſe nourrit de la cryſalide de l'*ichneumon*, qui eſt ſans défenſe. Cette ſcène tragique a lieu dans un bien petit eſpace. Le corps d'un *puceron*, ainſi que le théâtre du monde, offre à l'Obſervateur le ſpectacle cruel de la raiſon du plus fort.

Pour terminer la comparaiſon de notre mouche avec les *cinips* ordinaires, j'ajouterai que les plus grands qu'on ait obſervés juſqu'à ce jour n'ont guères plus d'une ligne & demie, & la plupart un tiers ou une moitié de ligne au plus. Nous avons vu que notre mouche avoit ſept lignes de long;

ce ſera donc un géant dans une famille de nains. Je préſume, par analogie, qu'elle eſt du nombre des *cinips*, qui occaſionnent des galles ſur les plantes; mais ſi ſa galle eſt proportionnée à ſa grandeur, il eſt étonnant qu'elle ſoit reſtée auſſi long-tems inconnue.

Ce nouveau *cinips* peut être appelé CINIPS A CUISSE POSTÉRIEURE TRÈS-GROSSE ET A QUEUE RECOURBÉE SUR LE DOS. *Cinips (lugdunæa) nigra, maculis luteis notata, femoribus poſticis, globoſis, margine inferiori dentatis, aculeo triplici ſuper abdomen recurrato.*

Explication des Figures.

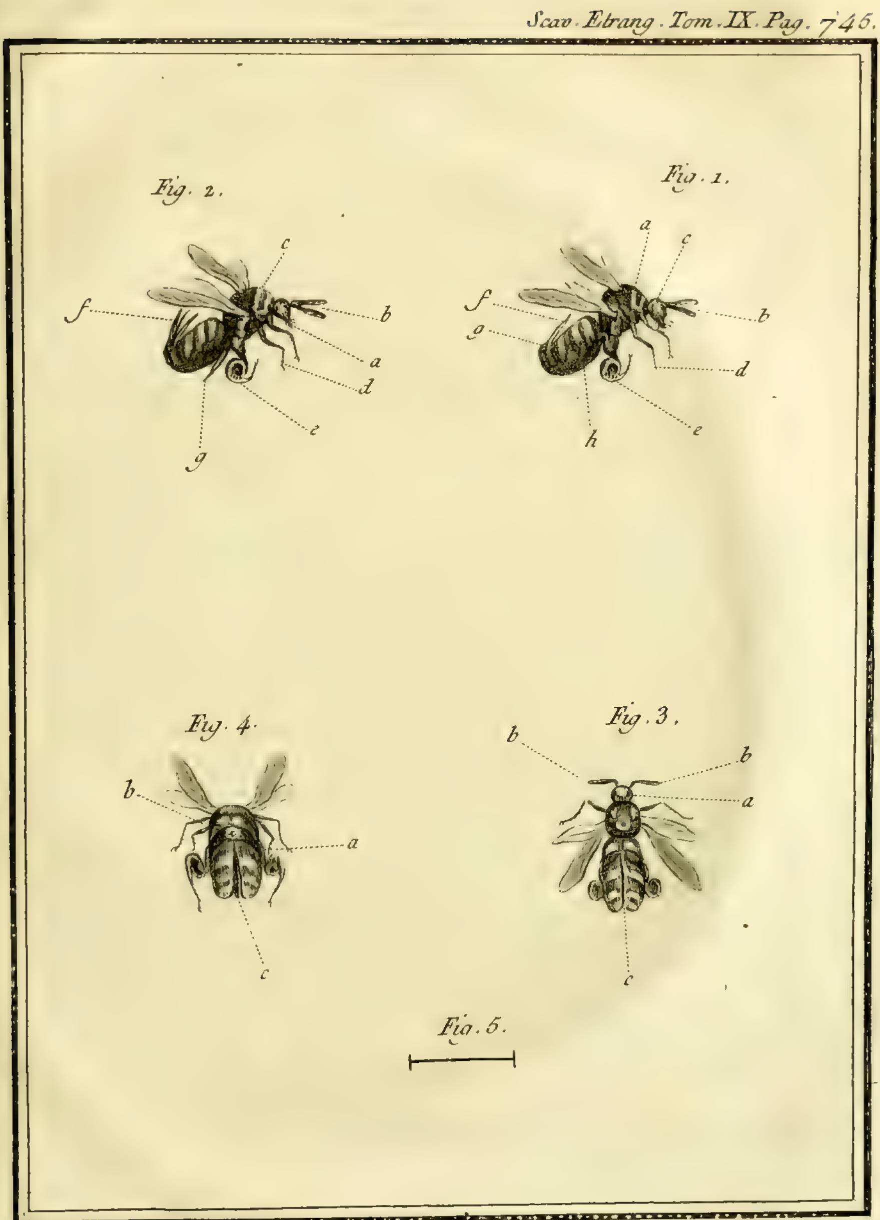
Fig. I. La nouvelle eſpèce de *cinips*, un peu plus groſſe que nature, vue de côté, pour faire obſerver principalement la forme du corcelet, *lettre c.* La cuiſſe & la jambe poſtérieures, *lettre e*, l'aiguillon dans ſon état ordinaire, *lettre f*, le petit bec écailleux, *lettre g.*

Fig. II. Le même *cinips*, vu de côté, pour montrer le véritable aiguillon, ſéparé des deux demi-fourreaux qui l'accompagnent, *lettre f.* L'écaille naviculaire placée ſous l'abdomen lorſqu'elle s'entr'ouve, *lettre g*, les pattes de devant, *lettre d.*

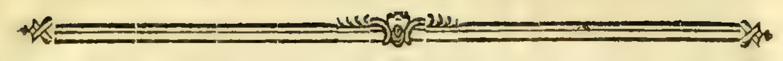
Fig. III. Le même vu, du côté du dos, pour découvrir les trois petits yeux, *lettre a.* La briſure des antennes, *lettre b*, & la poſition de l'aiguillon en ce ſens, *lettre c.*

Fig. IV. Le même vu du côté du dos, mais plus renverſé en avant, pour faire appercevoir, 1.° la première articulation de l'abdomen entr'ouverte tranſverſalement, *lettre a;* 2.° le petit corps charnu qui paroît dans le centre de la cavité, *lettre b;* 3.° la fente verticale de l'abdomen, au moyen de laquelle il s'ouvre latéralement à la volonté de l'inſecte, *lettre c.*

Fig. V. Grandeur naturelle de l'inſecte meſuré depuis le front juſqu'à l'extrémité de l'abdomen, non compriſe la longueur des antennes.



Elth Haussard Sculp.



RECHERCHES *ET* OBSERVATIONS SUR DES OS FOSSILES

Trouvés en Dauphiné dans une Terre de M. de Valernod, en 1762.

Par M. DE LA TOURETTE.

L'ÉTUDE DES FOSSILES eſt d'autant plus intéreſſante, qu'elle ſeule peut manifeſter la véritable théorie de la terre. Le Naturaliſte, qui chercheroit à dévoiler ce myſtère, ſans avoir une juſte idée de tous les corps qu'elle renferme, ſeroit dans le cas de celui qui voudroit compoſer un Traité de Phyſiologie, & qui ne connoîtroit que quelques parties du corps humain. Préſenté le 18 Décembre 1771.

Un ſeul fait imprévu, une ſeule obſervation, ſuffit pour détruire le ſyſtême le plus ingénieux, comme une ſeule pierre déplacée, fait écrouler la voûte la plus ſolide. Rien n'eſt à dédaigner dans la Nature, lorſqu'on veut découvrir le ſecret de ſes opérations. Elle a imprimé à chaque être un caractère particulier qui le ſpécifie, & des caractères généraux qui l'aſſimilent & l'enchaînent à d'autres êtres, qui ſont eux-mêmes liés entr'eux par des rapports multipliés. On voit par-là combien il importe, avant de la conſidérer en grand, de l'étudier dans l'immenſité de ſes détails.

L'examen d'une pierre, qui paroît peut-être une occupa-

tion minutieuse, a donc lui-même un grand objet. La forme de cette pierre, son organisation, les substances qui la composent, le lieu où elle a été trouvée, celui où elle a pris naissance, son origine, son développement: toutes ces choses doivent être connues, parce qu'ayant chacune une relation particuliere & des rapports généraux à la théorie universelle de la terre, on ne peut en déterminer le systême, qu'après les avoir trouvés unanimement d'accord avec la théorie qu'on veut adopter.

Sous ce point-de-vue, sommes-nous arrivés au temps de bâtir des hypothèses? qu'on en juge par le nombre des découvertes que la science ou le hasard produisent, chaque jour, en ce genre: cherchons donc, sans prétentions, à grossir le trésor des observations.

Les Antiquaires constatent les faits historiques par des fragmens de bronzes rouillés; les fossiles sont les médailles de la Nature, ils développeront peu-à-peu son histoire; ce sont des témoins anciens & irréprochables qu'il faut entendre pour s'assurer de la vérité.

Avant de chercher à déterminer la nature de ceux que M. de Valernod a trouvés dans une de ses Terres, je dois analyser les judicieuses observations qu'il m'a fait l'honneur de m'adresser; elles ont servi de réponses aux questions que j'avois proposées sur le lieu & sur les circonstances de cette découverte.

Les Fossiles dont il s'agit, ont été trouvés, en 1762, dans la Paroisse de *Saint-Valier* en Dauphiné, à 31 toises au Midi du Château *des Rioux*, à un demi-quart de lieue du Rhône, dans un sol qui peut avoir environ 80 pieds d'élévation au-dessus du lit de ce Fleuve, & 36 au-dessus du sol du Château. Une roche grise, vitrifiable, & en grandes masses, se rencontre à 15 ou 16 pieds de la surface, elle est recouverte de deux couches bien distinctes; la supérieure a près de six pieds d'épaisseur, & n'est autre chose qu'un terreau

ſablonneux & léger ; la couche inférieure, dont la profondeur eſt de 10 à 11 pieds, eſt une terre ſeche, graveleuſe, mêlée de cailloux & de morceaux détachés du même rocher ſur lequel elle repoſe.

C'eſt dans l'épaiſſeur de cette couche, à 9 pieds environ de la ſurface, que les foſſiles ont été trouvés. En fouillant la terre, à la diſtance de cinq toiſes du même lieu, on voit des indices de quelque ancien fourneau de Fonderie ou de Verrerie ; on en juge par la couleur des pierres & par la nature de quelques matieres, parmi leſquelles on ne trouve cependant ni briques, ni vertes, ni ſcories ; cette derniere obſervation ne paroît avoir aucun rapport avec les corps découverts.

Ils ſont au nombre de ſix ou ſept, quelques-uns paroiſſent être des fragmens d'os cariés & terreux ; les autres ſont tous d'une même ſubſtance & d'une organiſation ſemblable, la ſeule inſpection fait reconnoître des corps oſſeux, peu dénaturés, & ſoupçonner que ces corps ſont des dents ; les moins conſidérables ont, ſans doute, été détachés des plus gros, ou faiſoient partie de morceaux ſemblables.

Le plus gros eſt une maſſe longue & haute de ſix pouces dans ſes plus grandes dimenſions ; elle eſt compoſée de lames un peu courbées, appliquées les unes ſur les autres, creuſes dans leur intérieur ; elles ont près de trois pouces de largeur, elles ſe diviſent par le haut en deux parties diſtinctes & vont en ſe rétreciſſant circulairement, ſe terminer en cinq ou ſix eſpèces de racines pointues & fiſtuleuſes, ce qui paroît dans celles dont la pointe eſt briſée.

Les lames ne ſe touchent pas immédiatement, ſi ce n'eſt par les bords externes de leur partie ſupérieure ; une matiere différente de celle des lames, occupe les interſtices qu'elles laiſſent entr'elles & remplit leurs cavités internes.

Il eſt inutile d'entreprendre une deſcription plus détaillée ;

ces obſervations générales, & encore mieux la vue de l'objet, font reconnoître une dent molaire, altérée par divers accidens : on y retrouve ſa forme, ſa couronne & ſes racines. L'examen des ſubſtances qui la compoſent, confirme cette conjecture.

La partie extérieure, cette eſpèce de croûte qui forme les lames, n'eſt preſque pas dénaturée, elle eſt de nature oſſeuſe; expoſée au feu, elle ſe noircit, elle exhale une odeur forte, où l'on diſtingue la préſence des ſels volatils qui caractériſent toute ſubſtance animale, en un mot, l'odeur des os, de la corne & des dents brûlés.

Il ſuit de-là que ce corps n'eſt pas pétrifié quoiqu'il ait reçu quelques portions de ſucs lapidifiques, qui ont augmenté ſon poids ſans le décompoſer. La matiere blanchâtre, qui remplit les cavités des lames & les interſtices intermédiaires, eſt beaucoup plus dénaturée, auſſi a-t-elle conſervée moins de ſubſtance animale; expoſée au feu, elle ne donne que peu ou point d'odeur, ſa texture, ſa couleur, ſon poids, tout annonce qu'elle eſt abſolument ſemblable à la ſubſtance que les Minéralogiſtes ont appellée *Ivoire foſſile.*

L'*ivoire foſſile* a moins de conſiſtance que l'ivoire ordinaire : mais ſa conſiſtance varie, il en eſt de très-dur, il y en a de friable : on le trouve dans le ſein de la terre; lorſqu'il eſt parfaitement blanc & dur, il ſe travaille comme l'autre, ſouvent il eſt piqué de points gris ou noirs, qui lui donnent quelques reſſemblances avec ces arboriſations qu'on nomme *dentrites :* c'eſt l'effet des ſubſtances minérales ou bitumineuſes, qui ont pénétré ſes pores. Si l'on trempe l'ivoire foſſile dans l'eau, il la remplit de bulles d'air; il s'attache fortement à la langue comme les bols; il a le goût de la craie, ſa nature eſt à-peu-près ſemblable à celle des coquillages foſſiles, qu'on nomme *crétacés*, parce qu'ils ont perdu leurs couleurs, & qu'ils ont pris une conſiſtance qui les rapproche de la craie ou de la marne, avec cette différence, que les coquilles foſſiles

font une vive effervefcence dans l'efprit de nitre, qui n'en occafionne qu'une très-foible fur l'ivoire foffile, il en enlève des pellicules, le jaunit, & agit fur lui comme fur les fubftances animales & principalement fur les corps offeux.

Les os font calcaires, mais l'efprit de nitre ne les diffout pas, comme il diffout le marbre & les autres pierres-à-chaux; il les attaque avec moins d'effervefcence & plus de lenteur. M. de *Fougeroux*, dans fon Mémoire fur les os (1), en détermine la raifon; il les regarde comme des tiffus originairement cartilagineux, qui n'acquierent de la dureté qu'autant qu'il s'introduit dans les mailles dont ils font compofés, une fubftance *crétacée*, qu'il appelle *tartre offeux*. Si l'on plonge un os dans l'eau feconde, la fubftance crétacée fe diffout, la cartilagineufe réfifte, & l'os n'eft plus qu'un cartilage flexible, divifé en plufieurs lames. Cette belle expérience, bien obfervée, répand beaucoup de lumiere fur la nature & fur la formation des os.

Revenons à l'ivoire foffile; fon origine eft bien connue: l'*ébur foffile*, l'*unicornu foffile*, eft une partie de la dent canine de l'éléphant, improprement appellée fa *corne*; c'eft quelquefois une dent entière, qui a plufieurs aunes de longueur. Sa forme extérieure, fon organifation interne, démontrent que c'eft un véritable ivoire, altéré dans les entrailles de la terre, où il a perdu quelques-unes de fes propriétés & où il en a acquis de nouvelles.

Mais la dent canine de l'éléphant, vulgairement appellée *corne*, n'eft pas la feule dent de cet animal que l'on trouve

---

(1) *Voyez* les Mémoires fur les Os de M. *Hériffant*, Volumes de l'Académie, 17 . *Mémoire fur les Os pour fervir de réponfe aux Objections propofées contre le Sentiment de M.* Duhamel, *avec les Mémoires de M.* Dehalles, *&c.* Paris, 1760.

Voyez *l'Extrait de ces Ouvrages, dans les Confidérations fur les Corps organifés, par M.* Bonnet, *Tome I, pag.* 241 & fuiv.

fossile. Les Auteurs parlent aussi de ses dents molaires. *Morton*, dans l'Histoire naturelle du Comté de Northampton, en a décrit une, quoique assez mal (1). *Wallerius* se contente de l'annoncer dans sa Minéralogie (2), sous le nom d'*ébur fossile molare*, en ajoutant qu'il en est qui ont jusqu'à neuf pouces d'épaisseur, quelquefois moins, & qu'elles ressemblent parfaitement aux dents molaires.

Il est évident que les fossiles de M. de *Valernod* sont de ce nombre; leur odeur, en les exposant au feu, leur forme, l'action de l'esprit-de-nitre sur eux, la parfaite ressemblance de la matière blanche qui remplit les cavités des lames, avec l'ivoire fossile dont on connoît l'origine, tout cela m'a fait penser, à la premiere inspection, que c'étoit des fragmens de dents molaires d'éléphant. J'en ai été convaincu par la description de la mâchoire & des dents d'éléphans, qu'on lit dans les anciens Mémoires de l'Académie des Sciences, (*Tom.* 3, *pag.* 3, *p.* 149.)

M. *Perrault*, le Rédacteur de ce Volume, après avoir décrit la dent canine, qu'il nomme la défense de l'animal, examine les autres parties de la mâchoire, & compte quatre dents molaires dans la mâchoire supérieure, & autant dans l'inférieure. Il distingue expressément les lames qui les divisent intérieurement, de la manière dont je l'ai fait observer dans le corps fossile; il distingue aussi les deux substances qui les composent. « La base de ces dents, dit-il, c'est-à-dire, » l'endroit par où elles se touchent en mâchant, est fort plate, » fort égale & lice, comme étant usée par le frottement mu» tuel; cela fait paroître ces dents composées de deux substan» ces différentes qui distinguent chaque dent, comme plusieurs » dents de substance blanche, collées & jointes ensemble par » une substance grisâtre. »

---

(1) *Voyez* les Mémoires de l'Académie, année 1724, troisième Partie, *page* 305. Mémoire de M. *Hans Sloanne*.

(2) *Tom. II, pag.* 54.

Il paroît

Il paroît évidemment que la ſubſtance grisâtre dont parle M. *Perrault*, n'eſt autre choſe que cette écorce oſſeuſe, cette partie dure qui a réſiſté dans le foſſile, & la blanche, l'*ivoire* devenu foſſile, lequel a été plus altéré, parce qu'il étoit d'une conſiſtance moins compacte. L'Académicien n'a pas remarqué, dans la dent molaire de l'éléphant qu'il a décrit, la prolongation des lames dans l'intérieur de la dent, il eût fallu la briſer pour faire cette obſervation, la ſubſtance blanche, c'eſt-à-dire, la matière d'ivoire qui rempliſſoit le vide & les interſtices que laiſſoit la partie grisâtre, n'avoit point été altérée dans la bouche de l'animal vivant, les deux ſubſtances formoient enſemble un corps maſſif, que le frottement de la maſtication avoit ſeulement poli à ſa ſurface; dans la dent foſſile, l'action du temps, de l'eau, des acides, & de toute eſpèce de vapeurs ſouterraines, a découvert la partie grisâtre qui conſtitue les lames, en détachant une partie de la ſubſtance qui les rempliſſoit ou les entouroit (1).

L'analyſe du corps foſſile eſt donc évidente, la courbure de la dent dans le ſens de ſa longueur & de l'arrangement des lames, eſt la même, ſans doute, que la courbure de la mâchoire à laquelle elle adhéroit dans ſon état primitif. M. *Perrault* décrit la courbure de la mâchoire, & non celle des dents; mais l'une ſuppoſe l'autre, puiſque la dent doit accompagner la mâchoire. Il attribue à une partie de l'os maxillaire une rondeur & une forme, qui donne lieu de croire que les fragmens d'os cariés découverts avec les dents foſſiles auprès du Château des *Rioux*, ont appartenu à la mâchoire du même animal.

(1) Lorſque j'ai écrit ce Mémoire, je n'avois pas été dans le cas de conſulter les belles Deſcriptions de MM. *de Buffon* & *Daubenton*. J'ai reçu auſſi depuis une dent d'Eléphant venue des Indes; c'eſt l'analogue précis des foſſiles dont il eſt ici queſtion. Je l'ai fait ſcier en coupant les lames tranſverſalement, j'ai reconnu, dans l'organiſation intérieure, une parfaite conformité.

Il ne faut pas s'étonner du nombre de fragmens trouvés ; ce sont les débris de plusieurs dents, dont les lames ont été totalement divisées, parce que la substance intermédiaire a été atténuée dans toute son étendue ; dans le plus gros morceau, on compte neuf lames adhérentes, & vraisemblablement il s'en est détaché plusieurs ; la plus grande dent de l'éléphant de M. *Perrault*, n'étoit composée qne de sept, peut-être le nombre en augmente-t-il avec l'âge, peut-être varie-t-il selon le sexe de l'animal, ou selon la différence des espèces.

Le Dictionnaire des Animaux (1) distingue plusieurs espèces d'éléphans, quoique M. *Linné* n'en admette qu'une (2) ; il est vrai qu'on en connoît plusieurs variétés, & l'on sait quelle différence il y a entre les dents canines ou dents d'ivoire des éléphans des Indes, & celle des éléphans d'Afrique ; les premières n'ont guères que trois ou quatre pieds de longueur, les dernieres en ont plus de dix. Il n'est pas étonnant que la même différence se trouve dans les dents molaires, & l'on a observé que les dents fossiles, soit canines, soit molaires, sont toujours des plus grosses espèces. Il en est de même de presque tous les corps fossiles ou pétrifiés, dents, os, coquillages, &c. leur volume surpasse le plus souvent celui de leurs analogues connus ; la pétrification augmente-t-elle le volume du corps primitif ? les anciennes espèces surpassoient-elles celles de nos jours ? ou bien les grosses espèces sont-elles celles qui résistent le plus aisément à tous les accidens qui doivent précéder la pétrification ? C'est le sujet d'une dissertation assez difficile ; mais je me garderois, je crois, d'embrasser les deux premieres opinions.

Examinons d'autres questions plus relatives à notre sujet ; les corps fossiles découverts *aux Rioux*, sont certainement des dents d'éléphans ; mais en a-t-on vu souvent de pareilles en Europe, & comment se peut-il faire qu'on les ait trouvé dans

(1) *Tom. II, pag. 86.*

(2) *Elephas maximus*, Syst. Nat. *pag.* 33.

le ſein de la terre ſous des couches régulières & dans des contrées auſſi éloignées de la patrie des éléphans qui n'habitent que l'Aſie & l'Afrique?

Ce phénomène eſt connu depuis long-temps des Naturaliſtes, il a été ſouvent l'objet de leurs recherches. Tous les Minéralogiſtes en ont fait mention dans leurs énumérations; ils ont parlé de ce foſſile ſous le nom d'*ivoire foſſile*, *ebur foſſile*, *unicornu foſſile*, *petrificata animalia dentium elephantorum* (1).

Quelques Auteurs ont écrit ſpécialement ſur ce ſujet; on peut conſulter *Thomas Bartholin*, *de dente & ebeno foſſili iſlandico* (2); *Everard*, dans la Relation de ſon Voyage à la Chine (3); *Joc. Luc. Rhiem. de Ebore foſſili*; *Laurence Lang*, dans le Journal de ſon Voyage; M. de *Marſigli*, dans ſon Ouvrage ſur le cours du Danube; M. *Elie Bertrand*, dans ſon Dictionnaire oryctologique; les Mémoires pour ſervir à l'Hiſtoire naturelle des Pétrifications des quatre parties du Monde (4); une Lettre d'*Erneſt Tentzelius*, Hiſtoriographe de l'Electeur de Saxe; les Voyages, en Toſcane, du Docteur *Targiani Tozzeti*, &c. &c.

Le Chevalier *Hans Sloanne*, qui forma lui ſeul une collection plus riche que celles des Souverains, & dont les connoiſſances ſurpaſſoient de beaucoup ſa collection, a donné, dans le Recueil de l'Académie des Sciences, un Mémoire (5) ſur les dents & autres oſſemens d'éléphans trouvés dans la terre, qui a répandu une grande lumière ſur cette matière.

Sur ſon rapport & ſur celui des Auteurs que j'ai cités, il paroît qu'on a trouvé des dents & d'autres oſſemens d'éléphans

(1) Wall. min. *Tom. II*, *pag.* 53.
(2) Act. med. *Vol. IV*, Obſervation 78.
(3) Voyages au Nord *Tom. VIII.*
(4) A la Haye, 1742, *pag.* 133 & ſuiv.
(5) Année 1727, troiſième partie, *pag.* 305.

fossiles, non-seulement en Afrique & en Asie; mais dans les quatre parties du Monde, & dans les lieux les plus éloignés de leur origine.

Les Mémoires pour servir à l'Histoire naturelle des pétrifications, parlent de ceux qu'on a vus en Amérique (1).

L'Angleterre en a fourni plusieurs fois. M. *Sloanne* fait mention d'une dent d'éléphant fossile découverte près de Londres (2). *Morton*, dans son Histoire naturelle du Comté de *Nortampton*, en décrit une molaire (3) trouvée dans cette Province, & absolument semblable à la nôtre. J'en ai vu une plus grosse dans le Cabinet de M. *de Luc* à Genève, elle vient du Comté de *Norfolck*; elle a environ onze pouces de long; elle est composée de quinze lames d'un pouce & demi de longueur, qui adhèrent les unes aux autres & sont disposées précisément comme celles que j'ai décrites. M. *de Luc* a eu occasion de comparer à Londres ce corps avec une vraie dent d'éléphant; il y a reconnu la plus parfaite analogie. La pétrification en est infiniment plus avancée que celle des fossiles dont il est question dans ce Mémoire; sa pesanteur spécifique est beaucoup plus considérable.

L'Académie Impériale des Sciences (4) rapporte qu'on a trouvé de pareilles ossemens en Italie, dans le Diocèse de *Viterbe* & ailleurs. Le Docteur *Targioni Tozzeti* décrit, dans ses Voyages & dans une Lettre particulière, plusieurs ossemens fossiles d'éléphans & d'autres animaux, déterrés dans la vallée supérieure & inférieure d'*Arno* en Toscane. Ils y sont dispersés çà & là dans des couches horizontales de sable & de craie, dont les montagnes voisines de cette Province sont formées. M. *Tozzeti* ajoute, que ce ne sont pas les seuls fossiles

---

(1) *Pag.* 148. (Bourquet.)

(2) Mémoire de *Hans Sloanne*, ci-dessus, Académie, *pag.* 306.

(3) *Ibid. pag.* 316.

(4) Décur. 2 ann. 7. S. 1688, Observ. 234.

étrangers à la terre, renfermés dans ces couches, où l'on voit auſſi un grand nombre de coquillages originairement marins.

Erneſt Tentzelius écrivit, en *1696* (1), l'Hiſtoire de la découverte d'un ſquelette entier d'éléphant, trouvé dans l'intérieur de la colline de *Tonnen*, village ſitué dans le Landgraviat de *Thuringe*, Electorat de la Haute-Saxe. Pluſieurs couches très-diſtinctes de diverſes natures recouvroient cet énorme foſſile. Il étoit étendu dans un lit de ſable extrêmement pur & blanc, qui ſe tranſporte au loin pour ſervir à différens uſages. Les os du ſquelette furent déterrés ſucceſſivement, le *tibia* peſoit lui ſeul dix-neuf livres, l'homoplate étoit long de quatre pieds & large de deux palmes & demie. La tête prodigieuſement groſſe garnie de quatre dents molaires, & de deux défenſes de la longueur de huit pieds, diſſipa tous les doutes qui s'étoient élevés ſur l'eſpèce d'animal à qui ce ſquelette avoit appartenu; mais, à l'exception de quelques parties de la tête & principalement des dents, preſque tous ces os étoient cariés & très-friables; j'ai fait remarquer le même fait dans ceux qu'on a trouvé *aux Rioux*.

Il s'eſt fait, en différens temps, de ſemblables découvertes en pluſieurs parties de l'Allemagne. *Reiſel* (2), Médecin du Duc de *Virtemberg*, raconte qu'en 1701, en creuſant une colline à une lieue de Stoutgard, on trouva plus de ſoixante dents canines d'éléphans, un grand nombre de molaires, des mâchoires & pluſieurs oſſemens d'autres animaux, parmi leſ-

(1) *Willelmi Erneſti Teutzelii Hiſtoriographi Ducatûs Saxonici, epiſtola de ſceleto Elephantino, tonnæ effoſo.* Cette lettre eſt rapportée par extrait dans les Mémoires pour ſervir à l'Hiſtoire Naturelle des Pétrifications, *pag.* 133, par M. *Bourguet.* Voyez la Deſcription entière du ſquelete dans les Actes des Savans de Leipſic, *A* 1684 Janvier 1697; & dans le *Theatrum Zootomicum* de Valentini, 1720.

(2) *Salomon Reiſel.* Voyez la Relation de cette Découverte dans les Mémoires ſur les Pétrifications, ci-deſſus cités, *pag.* 142.

quels il y en avoit de la petiteſſe de ceux d'une ſouris; mais on n'en reconnut aucun qui pût être comparé à des oſſemens humains; obſervation ſingulière que le Docteur *Targioni Tozzeti* a renouvellé de nos jours, dans cette eſpèce de cimetière foſſile que la vallée d'*Arno* lui a montré.

M. *Sloanne* parle des dents d'Eléphans, trouvées dans la Province de *Turinge* (1), & près de Vienne en Autriche (2), ſelon M. de *Marſigli* (3); il y en a eu en Hongrie, en Tranſylvanie, près de Strasbourg, à Bruges en Flandres; ſelon M. *Raſpe* (4), dans l'Electorat d'Hanovre; ſelon M. *Elie Bertrand* (5), dans le Margraviat de Bareith & dans le canton de Bâle; j'ai un fragment de dent molaire foſſile, venu de ce canton.

Il ne paroît pas qu'on en ait auſſi fréquemment découvert en France; cependant le célèbre *Peyreſc* en a vu en Provence. M. de *Réaumur* (6) a démontré que les turquoiſes qui ſe trouvent dans la Généralité de Montauban, près de la Ville de Simorre, près d'Auch & de Caſtres, &c. ainſi que toute eſpèce de turquoiſe, ſont des fragmens de véritables dents d'Eléphans enterrés, une ſorte d'ivoire foſſile que l'on peut colorer en bleu par le moyen du feu, lorſqu'elle ne l'a pas été naturellement dans la terre, comme la *Turquoiſe d'Orient*, ou de *Vieille-roche*; de ce nombre eſt une dent canine à qui l'on donne le nom de *Licorne minérale*; c'eſt la *Licorne foſſile* des Pharmaciens.

La France en a encore fourni en différens lieux; mais il eſt intéreſſant d'obſerver ici que la plupart de celles dont les Au-

---

(1) Mém. Acad. de *Sloanne*, *pag.* 227.

(2) Voyez auſſi d'*Argenville*, Lithologie, *pag.* 160.

(3) Danube, *Tom. II.*

(4) *Specimen Globi Terraquc. &c. Autore Rodolpho Erico Raſpe Amſtelodami*, 1763.

(5) Dictionnaire Oryctol.

(6) Mém. Acad. 1715, *pag.* 230 & ſuiv.

teurs aient conservé la mémoire, ont été découvertes dans le même pays & à peu de distance du lieu, où M. de *Valernod* a trouvé celles qui ont occasionné ces recherches : voici un passage du Mémoire de *Sloanne*, déja cité, qui l'établit.

« On trouva, dit-il (1), en France plusieurs os fossiles, l'an 1456, sous le règne de Charles VII, près d'une Riviere dans la Baronnie de *Crussol*, qui fut ensuite érigée en Comté ; ce » Comté n'est pas loin de Valence. Jean *Marius* (*in Libris* » *de Galliarum illustrationibus*) *Calamæus* (*in suis de Bi-* » *turgibus Commentariis*), *Fulgosius* & Jean *Cassanio de* » *Montreuil*, (dans son Traité des Géans) parlent de ces os » qui étoient si grands, que l'on conjectura que le Géant à » qui l'on crut qu'ils avoient appartenu, & quelques-uns pri- » rent pour le Géant *Briatus*, ne pouvoit pas avoir moins de » quinze coudées.... *Cassanio* donne une description circons- » tanciée d'une dent, qu'on ne peut presque pas douter être » une grande dent molaire, & conséquemment les autres os, » les os d'un Eléphant ; il dit qu'on montroit, de son temps, » une dent pareille dans le Château de *Charmes*, dans le voi- » sinage de cet endroit...... » M. *Sloanne* ajoute, qu'un Marchand François lui apporta du même pays de semblables os qu'il reconnut pour être ceux d'un Eléphant.

On voit par-là, que les Provinces qui bordent le Rhône auprès de Valence, ont produit plusieurs fois des ossemens fossiles d'Eléphans ; mais le Nord de l'Europe est, sans doute, la partie qui en fournit le plus.

Sans parler de ceux qu'on a trouvé en Islande (2), la Moscovie & sur-tout la Sybérie en abondent à un tel point, qu'il s'y fait un commerce considérable de cet ivoire, qui, quoi-

(1) Mém. de *Sloanne pag.* 322.

(2) Bartolin, *de dente & ebeno fossili Islandico*, Act. med. *Vol. IV*. Ob. 78, cité dans le Mémoire de *Sloanne*, *pag.* 325.

que fossile, conserve souvent assez de blancheur & de consistance pour être travaillé au tour, & pour faire des tabatières, des peignes & autres ouvrages de clincaillerie, que les Russes vont vendre à la Chine. Cette propriété distingue ces dents de celles qu'on découvre en Europe ; celles-ci sont constamment trop cassantes & trop friables, pour être employées à aucun usage.

Celles de la Sybérie sont quelquefois d'une énorme grandeur ; les transactions philosophiques (1) font mention de dents incisives de trois & de quatre aunes de long, de dents molaires de neuf pouces d'épaisseur & du poids de 300 livres, ce qu'il est, je crois, permis de révoquer en doute. Elles sont souvent mêlées dans la terre avec d'autres ossemens d'une étendue proportionnée.

On voit un de ces os dans le Cabinet du Roi, c'est un *femur* d'une grosseur & d'une longueur qui surprend. Il est constant que les Voyageurs n'ont jamais décrit d'Eléphans d'une taille pareille, & ceux qu'on amène quelquefois en Europe, étant de la plus petite race, peuvent encore moins entrer ici en comparaison ; l'analogie démontre cependant que ces os ont appartenu à des animaux de cette espèce ; j'ai remarqué que la disproportion qui se rencontre également dans plusieurs autres fossiles comparés à leurs analogues, est un des embarras qu'on éprouve dans l'explication de leur origine ; mais leur transport hors de leur lieu natal, présente encore une difficulté plus importante. Quand & comment les ossemens & les dents d'Eléphans nés en Asie & en Afrique, ont-ils été transportés & enterrés en Europe, dans ses parties septentrionales, en Moscovie & jusqu'auprès de la Mer glaciale, dans les contrées où le froid est le plus rigoureux, & le climat par conséquent plus opposé à la nature de l'Eléphant.

Ce seroit se jouer dans une matière sérieuse, que de vou-

(1) 1730. Voyez le Dict. Oryctonol.

loir,

loir; avec un Auteur moderne, conſidérer les corps étrangers à la terre, toutes les pétrifications animales & végétales, marines & terreſtres, comme des êtres foſſiles créés avec elle & deſtinés par le Créateur à ſervir de chaînons intermédiaires entre le régne minéral & les régnes animaux & végétaux : nous rejetterons également l'opinion de *Camerarius*, qui penchoit à croire que ces corps ne ſont autre choſe que des eſſais, des eſpèces d'ébauche de l'organiſation de la nature animale & végétale. Lorſqu'un homme oſe ainſi quitter la route des faits qui lui eſt permiſe, & prétend s'élever ſans appui juſqu'à l'Etre ſuprême, pour lui ſurprendre des ſecrets qui lui cache, bien loin de ſe rapprocher de la Divinité, il la rabaiſſe juſqu'à lui.

On feroit un gros volume de tous les ſyſtêmes imaginés, pour expliquer les énigmes de la Nature en ce genre, & ce volume occuperoit un rang diſtingué dans l'hiſtoire des erreurs humaines.

On a prétendu que les dents foſſiles d'Eléphans étoient des cornes minérales qui croiſſoient dans la terre : tel étoit le ſentiment de Théophraſte, au rapport de Pline, *Theophraſtus autor eſt, oſſa è terrâ naſci, invenirique lapides oſſeos* (1). on regardoit auſſi, dans ce temps, *les bélemnites* comme des végétaux ; & cela n'étoit pas plus difficile à comprendre que la végétation des madrepores, des coraux, des lythophites & des ſtalactites, que de grands Naturaliſtes admirent gratuitement dans le ſiécle dernier.

L'obſervation a fait trop de progrès de nos jours, pour les en croire ſur leur parole & contre le témoignage des faits avérés ; il ſeroit auſſi raiſonnable d'embraſſer le parti des anciens Phyſiciens qui attribuoient la formation des oſſemens foſſiles à quelque vertu plaſtique, ou encore le ſentiment des anciens Ruſſes ſur l'*ivoire foſſile* (2).

(1) *Plin.* Hiſt. Nat. *L.* 36, *C.* 18.
(2) Voyage au Nord, *Tom. VIII, pag.* 48.

Avant que le *Czar* eût éclairé le Nord de la lumière de son génie, ces Peuples, qui n'avoient aucune idée de l'Eléphant, & qui ne connoissoient aucun animal dont les os fussent d'une grandeur comparable à ceux qu'ils trouvoient fréquemment dans la terre, s'étoient imaginé, &, selon, l'usage, avoit fini par croire fermement qu'ils venoient d'un gros animal, qui ne vivoit que dans les ténèbres, sous la terre & dans ses entrailles. Ils avoient donné un nom à l'animal qu'ils avoient imaginé, ils l'appelloient *Mamouth*; l'os que j'ai dit être dans le Cabinet du Roi, y a été envoyé sous le nom de *Fémur* d'un *Mamouth.* On révéroit les *Mamouths*, on les regardoit comme les habitans d'immenses & profondes cavernes. Le jour étoit leur ennemi le plus redoutable. Ils expiroient dès que la lumière perçoit jusqu'à eux; on expliquoit par-là pourquoi l'animal vivant étoit inconnu, & pourquoi l'on ne retrouvoit que ses ossemens.

Quelques Philosophes, livrés à leur imagination, au-lieu de suivre les traces de l'analogie, n'ont guères été plus raisonnables que les anciens Moscovites. Ne pouvant présumer qu'une telle quantité d'Eléphans eût été transportée en Europe, ils ont regardé leurs dents & leurs os fossiles comme des dents de Géans; le merveilleux plaît à l'imagination, & il est plus aisé de supposer que de bien voir: de-là sont nées mille conjectures sur les Géans. Le Pere *Kircher* les a rassemblées, il a donné un Catalogue chronologique de ces prétendus monstres humains (1); vaisemblablement tous les Géans du P. *Kircher* ne sont que de vrais *Mamouths.*

Le Docteur *Targioni Tozetti*, venu dans un siécle où les Naturalistes croient à leurs yeux & se méfient de leur imagination, n'a pas hésité de reconnoître la nature des fossiles de la vallée d'*Arno;* mais il croit que les Eléphans étoient anciennement des animaux indigènes de l'Europe & sur-tout de

---

(1) *Mundum subterran.* L. 8, Sect. 2.

la Toſcane; les coquillages marins avec leſquels on les trouve, & les couches régulières qui les recouvrent, lui perſuadent néanmoins que les cadavres d'Eléphans y ont été laiſſés par la mer; mais il ſuppoſe que ſes eaux ne recouvroient le globe qu'en partie, & que le haut des montagnes étant ſeul à découvert & dès-lors le climat infiniment plus chaud, elles étoient habitées par les Eléphans. Ces ſuppoſitions échafaudées les unes ſur les autres, portent ſur une baſe trop fragile, elles ſont dénuées de preuves, & contraires à toutes les obſervations.

Pourquoi la préſence de la Mer ſur le Continent, eût-elle, d'un climat tempéré, fait un climat ſemblable à celui de l'Afrique? L'Iſlande, pour être entourée de l'Océan, eſt-elle moins froide que la Sibérie?

S'il eſt des animaux & des plantes, qui ne peuvent ſubſiſter que dans les pays brûlans, il en eſt également qui ne ſauroient vivre qu'au milieu de la neige & des frimats. Leur deſtination eſt déterminée par leur organiſation même. Le génepit & le café, la marmote & l'Eléphant n'ont jamais habité naturellement le même lieu. Dans la ſuppoſition de Don *Tozeti*, ſi, au temps dont il parle, les Eléphans ſe trouvoient ſur les Alpes, la marmote & le génepit qui y ſont aujourd'hui ſpontanés, n'y pouvoient pas exiſter. D'où y ſeroient-ils venus dans la ſuite? C'eſt ainſi que, pour élever un ſyſtême, on renverſe l'ordre même de la Nature.

Le célèbre *Marſigli*, dont le génie avoit devancé le ſiécle de l'obſervation, avoit déja vu le rapport de l'analogue des os dont il s'agit; mais, pour expliquer leur tranſport dans le Nord de l'Europe, il prétendit que c'étoit les reſtes des ſquelettes des Eléphans que les Romains y amenerent ſous les Empereurs *Galien* ou *Poſthume*. M. *Sloanne* a réfuté cette opinion; il a fait voir que le nombre n'en ſeroit pas auſſi grand; que les couches dans leſquelles les os ſont enterrés, n'auroient point,

dans cette hypothèse, la disposition régulière qu'on y remarque ordinairement & que j'ai dit être dans celles du Dauphiné, où nos fossiles ont été pris; en un mot, que ces couches seroient confondues & non distinctes comme on les voit, si les os y eussent été enfouis par les hommes ou par les accidens ordinaires. La situation d'ailleurs de ces os dans les couches, la profondeur où ils se rencontrent, leur grosseur qui n'a aucun rapport avec les os des Eléphans des Romains, dont on connoît la taille; toutes ces raisons auxquelles je pourrois ajouter une présomption particulière assez forte; c'est qu'il n'est pas probable que les Romains, en enterrant les cadavres de leurs Eléphans, leur eussent laissé leurs dents d'ivoire, matière dont ils faisoient un grand usage, & qui, dans ce tems, avoit encore plus de prix qu'aujourd'hui : toutes ces raisons, dis-je, ont autorisé M. *Sloanne* à rejetter l'hypothèse de *Marsigli*, & à se ranger du parti des Physiciens, qui croient que nos ossemens fossiles sont d'une bien plus grande antiquité, & qu'ils n'ont pu être amenés dans les lieux où on les trouve, que par les eaux d'un déluge universel.

Cette opinion la plus raisonnable de toutes celles que j'ai rapportées, n'est pas encore exempte de difficultés, elle est exposée à toutes les objections de *Telliamed* & de M. de *Buffon*. Des eaux de pluie, qui couvrent insensiblement la terre, peuvent-elles amener en Sibérie les squelettes des Eléphans d'Afrique? Comment des eaux tranquilles qui s'amoncelent, s'écoulent & se retirent avec lenteur, auroient-elles eu un aussi court espace de temps, applani plusieurs élévations du globe, élevé de nouvelles collines, & enterrés ces os dans le sein des montagnes ou dans la profondeur des plaines?

Tout cela s'explique plus facilement par la théorie ingénieuse & vraisemblable du déplacement successif de la Mer, & de son ancien séjour sur le Continent. Mais, sans embrasser précisément l'hypothèse des Auteurs qui ont cherché à expliquer comment la chose est arrivée, sans répéter les preuves

ſur leſquelles ils ſe ſont appuyés, on peut croire que le déplacement des os d'Eléphans a eu la même cauſe que celui de tous les corps marins devenus foſſiles, la même origine qu'un grand nombre de productions terreſtres mêlées avec les corps marins foſſiles, tels que des arbres entiers pétrifiés dans le ſein de la terre ſous des couches multipliées & régulieres, qui ne peuvent avoir été formées par un déluge momentané, & par les accidens ordinaires auxquels nous ſavons que la ſurface de la terre eſt expoſée; mille témoins atteſtent l'ancien & long ſéjour de la Mer ſur le Continent que nous habitons; une partie de ce qui eſt aujourd'hui ſous les eaux étoit alors continent, les torrens, les inondations, les naufrages, pluſieurs cauſes ont dû, de tout temps entraîner dans la Mer, ainſi que des arbres entiers, des ſquelettes de toute eſpèce d'animaux & ſur-tout d'Eléphans qui habitent toujours les bords des grands Fleuves (1).

Ces os les plus ſolides, les plus durs, les plus inacceſſibles à l'air, les plus ſuſceptibles d'admettre les ſucs lapidifiques, ont dû réſiſter plus long-temps à l'action des élémens, & ſe conſerver juſqu'à nos jours dans leur forme naturelle; dès-lors on ne doit pas plus s'étonner de trouver des dents d'Eléphans en Sibérie, que de rencontrer les fougeres d'Amérique décrites & gravées par *Plumier*, empreintes ſur les ardoiſes de *Saint-Chaumont*, les cornes d'Ammon & autres coquillages qui ne ſe trouvent que dans les Mers des Indes, remplir les carrieres du *Mont-d'or* en Lyonnois, & preſque toutes les montagnes calcaires de l'Europe; des os d'Hippopotame, animal amphibie, qui ne vit que ſur les bords des Rivières d'Afrique, à côté d'un ſquelette de rennes quadrupède qu'on ne voit qu'en Laponie, enſévelis ſous trois couches régulières de ſable, de terre & de terreau, à Etampes auprès de Paris. Les uns & les autres, dans quelque temps & de

(1) *Lynn.* Syſtem. Nat. 1758. *pag.* 33. *Habitat in paludoſis ad amnes.*

quelque manière que ce ſoit, ont été déplacés, apportés, enfouis & recouverts par la même révolution, par le bouleverſement quelconque, qui eſt inconteſtablement arrivé à la terre, & qui, pour me ſervir de l'expreſſion d'*Henkel* (1), a changé le globe en un cimetière commun aux productions du régne animal & du végétal.

Il me reſte à rapporter, ſur les dents foſſiles, deux courtes obſervations par leſquelles je finis. Les os des poiſſons marins, leurs vertèbres, ainſi que tous les corps & coquillages pétrifiés, à quelques exceptions près, telles que les empreintes ſur les ardoiſes, ſe rencontrent dans des terres ou des pierres qui ſont calcaires, & dont l'origine eſt peut-être totalement animale & marine ; les os d'Eléphans, au contraire, ont preſque toujours été découverts dans des ſables, des graviers, des argilles dont la nature eſt vitrifiable : pour conſtater ce fait, j'ai décrit, en commençant, la nature des couches qui recouvroient les foſſiles du Dauphiné ; j'ai remarqué que *Morton*, dans ſa Deſcription citée par *Sloanne*, annonce que la dent molaire du Comté de *Nortampton*, fut trouvée ſous cinq ou ſix couches d'argille, de ſable & de gravier ; il en eſt de même du ſquelette entier découvert & décrit par *Tentzelius*.

La ſeconde obſervation qui, peut-être, a quelques rapports avec la précédente, eſt que l'ivoire foſſile, les os & les dents d'Eléphans, ont preſque toujours été trouvés dans les Lacs, dans les Fleuves, ſur leurs bords, ou à peu de diſtance de leur courant. Les fragmens que j'ai décrits, ont été pris à un demi-quart de lieue du Rhône. *Junker*, dans ſa Chymie (2), dit qu'on en rencontre ſouvent le long de la Viſtule ; les dents dont parle M. de *Marſigli*, ont été découvertes dans pluſieurs Rivieres, Lacs ou Etangs de la Hongrie & de la Tran-

(2) Pyrithologie, *pag.* 131.

(1) *Tom. I. pag.* 509=10.

ſylvanie, & dans le Rhin auprès de Strasbourg. Suivant les relations des Voyageurs, l'ivoire foſſile de la Sybérie ſe ramaſſe ſur les bords de la Rivière de la *Kéta*, des Fleuves *Jeniſca*, de *Trugau*, de *Mangaſca* & de *Lena*, lorſqu'après les grands dégels, ces Rivières, par l'impétuoſité de leurs courſes, ſapent les montagnes voiſines, & découvrent les os & quelquefois les ſquelettes entiers qu'elles renferment.

Je ne tirerai aucune conſéquence de ces deux obſervations; mais elles pourront ſervir de matériaux aux faiſeurs de ſyſtêmes à venir.





MÉMOIRE

SUR la ſtructure ſingulière du Tibia & du Cubitus des Grenouilles & des Crapauds, avec quelques Expériences ſur la reproduction des os dans les mêmes animaux.

Par M. MICHEL TROJA,

Docteur en Médecine de la Faculté de Naples, Chirurgien Aſiſtant de l'Hôpital de Saint-Jacques, & Médecin ordinaire de Son Excellence M. le Marquis de *Caracciolo*, Ambaſſadeur de Naples, à Paris.

Préſenté le 15 Janvier 1777.

LA STRUCTURE du tibia & du cubitus des grenouilles & des crapauds, eſt différente de celle qu'on remarque dans tous les autres animaux; elle a de très-grands uſages pour l'action des pattes, & je ne connois aucun Auteur qui l'ait décrite; elle a échappé aux recherches de tous les Naturaliſtes, & même à celles de Swamerdam, Obſervateur exact, & d'Auguſtus Rœſel von Roſenhof, qui nous a donné l'Hiſtoire des grenouilles & des crapauds de ſon pays, dans un excellent Ouvrage, *in-folio.*

Le tibia de ces amphibies eſt dans le milieu de ſon corps d'une figure cylindrique un peu applatie; mais les deux extrémités, qui groſſiſſent conſidérablement, ſont bien plus évaſées: cependant l'inférieure, qui eſt articulée avec les deux os du tarſe, eſt beaucoup plus large que ne l'eſt la ſupérieure. Du côté extérieur *e f (fig. I)*, où devroit être la place du péroné, cet os eſt ſingulièrement courbé, & le péroné manque entièrement, de manière que le tibia eſt tout ſeul dans

dans cette partie de la patte, comme le fémur eſt tout ſeul dans la cuiſſe. On obſerve ſur la face *A B*, qui eſt antérieure ou inférieure par rapport à la ſituation de l'animal, & qui regarde le dos du pied, deux ſillons aſſez profonds *Ae*, *fB*, & deux autres *Cg*, *hD* (*fig. II*), ſur la face poſtérieure ou ſupérieure *CD*, qui regarde la plante: tous les quatre s'avancent ſuivant la longueur de l'os vers la moitié du tibia.

Si on coupe les deux extrémités tranſverſalement tout à côté des épiphyſes *A & B* (*fig. III & IV*), on voit, dans la ſection de chacune d'elles, deux tuyaux *c & d*, *e & f* bien diſtincts, ſéparés par une cloiſon mitoyenne & commune; de façon que ſi on regarde ſeulement leurs ouvertures & les ſillons extérieurs ſans faire attention au corps de l'os, on ſeroit tenté de penſer qu'ils ſont deux tuyaux diſtingués, & l'un joint étroitement à l'autre. Si on introduit une ſeconde très-mince dans un de ces quatre tuyaux, on croiroit qu'elle devroit ſortir par le tuyau oppoſé; mais, parvenue vers la moitié du tibia, elle y eſt arrêtée par une autre cloiſon oſſeuſe. Celle-ci eſt très-épaiſſe & ſituée tranſverſalement, de ſorte qu'elle empêche toute communication de la moitié ſupérieure de l'os avec l'inférieure; on apperçoit aiſément à la lumière cette cloiſon que j'appelle *tranſverſale*, extérieurement & ſans briſer l'os; elle eſt marquée par un cercle, qui paroît plus blanc que le reſte de l'os même quand il eſt ſéché, & qui entoure toute ſa circonférence comme on voit en *i*, *k*, *l*, *m* (*fig. I, II, III & IV*). Son ſiége eſt déſigné plus exactement par un trou qui traverſe le tibia d'un côté à l'autre. Ce trou par lequel paſſent des vaiſſeaux & des nerfs commence à la partie poſtérieure préciſément ſur la cloiſon tranſverſale en *o* (*fig. II*); il perce enſuite le corps de la cloiſon même, & il ſort à la partie antérieure ſous la cloiſon en *n* dans la figure première & en *p & q* dans la figure troiſième & quatrième. Dans la figure cinquième l'os a été coupé juſtement au niveau de la cloiſon tranſverſale, & on voit la moitié

Abc creuſe en *cb*, tandis que l'autre moitié *Def* eſt toute pleine en *ef*. On a introduit une ſoie de cochon *gh* par l'ouverture poſtérieure du trou en *f*, & on la fait ſortir par l'ouverture antérieure en *e* preſque ſur le bord du plan de la cloiſon tranſverſale.

Cependant les deux cloiſons, qui ſéparent les deux tuyaux de chaque extrémité, & que j'appelle *longitudinales*, quoiqu'elles s'avancent d'un côté juſques dans le corps des épiphyſes, ne deſcendent pas juſqu'à la cloiſon tranſverſale; elles finiſſent à une certaine diſtance avant d'y arriver, & leurs extenſions ſont preſque déſignées extérieurement par les ſillons. Il eſt donc évident, par ce que les cloiſons longitudinales ne deſcendent pas juſqu'à la tranſverſale, que les deux tuyaux ſupérieurs, ainſi que les inférieurs, aboutiſſent à un eſpace cylindrique commun entre la cloiſon tranſverſale & l'extrémité inférieure de chaque cloiſon longitudinale. Dans la figure ſixième, on voit la cloiſon longitudinale ſupérieure, qui finit en *ab*, & l'eſpace commun de cette moitié *abcd*. A cet effet, ſi on introduit une petite ſonde dans un des tuyaux ſupérieurs, par exemple, & qu'il ſoit *eg* pendant qu'on ne l'a pas coupé latéralement, la moëlle ſera pouſſée dans l'eſpace commun *abcd*, & de-là on la verra refluer par l'ouverture *hi* de l'autre tuyau qui eſt à côté.

Dans les têtards ou dans les grenouilles à queue, quand les os ne ſont pas encore oſſifiés, ou quand ils ne le ſont pas aſſez bien, les ſillons que je viens de décrire ſont très-ſuperficiels. Dans la coupe tranſverſale des extrémités on voit aiſément la ſéparation des tuyaux; mais leurs cavités ſont remplies de manière qu'on ne peut pas introduire une ſoie; cependant ſi on force davantage on l'enfonce, & on voit ſortir par l'ouverture de l'autre tuyau latéral une matière gélatineuſe ou à demi-cartilagineuſe blanche. J'ai obſervé cette même matière dans le tibia du poulet pendant l'incubation. Dès le dixième jour, ſi on frotte cet os entre les doigts, il ſort une matière gélatineuſe par les extrémités, & il reſte une eſpèce de tunique

dans laquelle elle étoit contenue ; je l'ai examiné jusqu'au quinzième jour, & j'en ai donné la description dans mon Ouvrage sur la régénération des nouveaux os aux *pages* 215, 216 & 217.

Le cubitus, qui est dépourvu de radius comme le tibia l'est de péroné, est extrêmement large dans son extrémité inférieure, où il est articulé avec le carpe ; mais, à mesure qu'il s'avance vers son extrémité supérieure, où il est articulé avec l'humérus, il se rétrecit tellement qu'on pourroit considérer l'os tout entier comme un triangle. Il est situé de manière que le côté antérieur *Ad (fig. VII)*, avec l'apophyse coronoïde *d* regarde le dos de la main ; le côté postérieur *CB* avec l'olecrâne *C*, la plante ; la face interne *CAB*, le corps de l'animal & la face externe *EFG (fig. VIII)*, le dehors. Dans le milieu de sa partie inférieure, qui est aussi élargie, on remarque deux sillons bien profonds, qui suivent la longueur de l'os ; le premier, qui se trouve sur la face intérieure, est *eh (fig. VII)*, & le second, qui est placé sur l'extérieure, est *ki (fig. VIII)*. Ils parcourent presque les deux tiers de toute sa longueur, & ils deviennent superficiels à mesure qu'ils approchent de l'extrémité supérieure. Cependant on ne doit pas considérer cet élargissement de la partie inférieure comme un applatissement de l'os, parce que les deux sillons correspondant l'un contre l'autre, divisent cette extrémité en deux cylindres, de manière que la cloison, qui se trouve dans l'entre-deux, est très-mince & suffisamment large. Si on coupe transversalement l'épiphyse inférieure, on découvre les ouvertures *k* & *I (fig. IX)*, de deux tuyaux cylindriques. Leurs cavités, qui contiennent la moëlle, s'avancent jusqu'à l'endroit à-peu-près où finissent extérieurement les sillons, c'est-à-dire, où finit la cloison commune. Là ces deux cavités, que j'ai trouvé quelquefois presque remplies vers l'épiphyse inférieure d'une substance cellulaire osseuse, s'embouchent dans un espace cylindrique commun qui termine l'extrémité supérieure du cubitus.

J'ai dit qu'extérieurement la cloiſon étoit aſſez large : en effet, ſi on emploie l'adreſſe néceſſaire, on peut la couper tellement avec un ſcalpel bien fin qu'on peut ſéparer entièrement les deux tuyaux ſans entamer la cavité ni de l'un ni de l'autre juſqu'à l'eſpace commun. On voit, dans la figure dixième, les deux cylindres *A B*, *C D* ſéparés dans la cloiſon, ayant conſervé leur intégrité depuis *B* juſqu'à *e*, & depuis *D* juſqu'à *f*; on voit l'eſpace commun ouvert dans l'un & dans l'autre depuis *e* juſqu'à *A*, & depuis *f* juſqu'à *C*. Il eſt donc évident que, dans le tibia, il y a deux cavités cylindriques ſupérieures avec un eſpace commun, & deux inférieures avec un autre eſpace commun pour la moëlle, au lieu que, dans le cubitus, il n'y en a que deux avec un ſeul eſpace commun.

Telle eſt la ſtructure des deux os que je m'étois propoſé de décrire ; elle eſt ſans doute admirable aux yeux des Philoſophes. Pourquoi la Nature a-t-elle été obligée d'employer tant de cloiſons & tant de tuyaux dans leur formation ? & pourquoi le fémur, qui eſt de la même grandeur que le tibia, n'en a-t-il pas auſſi ? Quand on veut remonter juſqu'aux cauſes premières, on tombe dans les abymes de l'ignorance, & tout eſt caché aux regards des hommes ; mais quand nous cherchons les uſages des parties, nous nous élevons à l'Être Suprême, & bien ſouvent nous pénétrons dans ſes fins. Je tâcherai donc, s'il m'eſt poſſible, d'expliquer les fonctions de ces parties.

J'ai vu d'abord que cette variété de conſtruction devoit être néceſſaire ou pour quelque choſe qui ſe trouve hors de l'os & qui l'entoure, ou pour quelque choſe qui ſe trouve dans l'os même. Une ſcrupuleuſe anatomie des tendons & des ligamens me fit renoncer au-dehors. On devoit donc trouver dans l'os même les raiſons de cette conſtruction. Je ſavois que la Nature avoit employé des cloiſons multipliées afin de ſoutenir les lobes du cerveau. Ce viſcère aſſez mou par ſa conſtitution, avoit beſoin d'être ſoutenu dans ſon milieu par la faux, afin que

quand la tête se trouve appuyée sur les côtés, un des lobes n'écrasât point son compagnon par sa pesanteur : on observe de semblables soutiens pour le cervelet. Or, comme la grenouille fait des mouvemens violens dans l'action de sauter, il étoit nécessaire que la Nature eût employé aussi des cloisons osseuses dans les os de ses pattes pour soutenir la moëlle, qui, sans ces soutiens, auroit été fondue par la violence des sauts. Ce n'étoit pas assez, il falloit aussi fortifier davantage les os mêmes, afin qu'ils pussent soutenir l'impétuosité de ces mouvemens sans se casser. On sait qu'un cylindre creux est plus solide qu'un autre tout plein, quand ils ont une égale quantité de matière. Ainsi, les os des grenouilles & des crapauds, doivent être plus minces dans leur substance que les os des quadrupèdes; ils sont formés de même dans les volatils, de manière que leurs cavités de la moëlle sont respectivement plus amples. Cette construction étoit avantageuse, afin que les premières eussent moins de gravité à la nage, & les seconds au vol. On pourroit objecter que, quoique les extrémités du tibia & l'extrémité inférieure du cubitus soient fortifiées par un double cylindre creux, cependant dans l'extrémité supérieure de celui-ci, & dans le milieu de l'autre, il n'y en a qu'un tout simple : mais il faut observer que leur substance dans ces endroits est bien plus épaisse. J'aurois donné à cette structure tubuleuse le seul usage de fortifier les os, si la cloison transversale ne m'eût assuré qu'elle étoit faite principalement pour soutenir la moëlle.

Mais qu'elle disparoisse cette apparence de vérité toute spécieuse qu'elle est, disois-je en considérant le fémur & l'humérus. Celui-là n'est pas moins gros que le tibia, & il n'a point de cloison, & sa cavité pour la moëlle s'étend d'un bout de l'os à l'autre; celui-ci est bien plus considérable que le cubitus, & sa cavité est toute simple.

Cependant, en réfléchissant à la situation de la grenouille quand elle est prête à sauter, & à l'action du saut même, ce doute fut dissipé, & je me confirmai, de plus en plus, dans

cette opinion. Quand elle eſt en repos ou dans l'attitude de vouloir ſauter, la cuiſſe touche le ventre, & le fémur forme un angle aigu avec les longs os du baſſin : la partie de la patte qui renferme le tibia, ployée dans un ſens contraire, touche tout le long de la cuiſſe, & le tibia forme un angle très-aigu avec le fémur ; mais l'extrémité inférieure du premier qui touche l'extrémité ſupérieure du ſecond, avance un peu ſur celle-ci en longueur, & ſe trouve un peu plus relevée ſur la cuiſſe du côté du dos ; de ſorte que le fémur eſt tout-à-fait parallèle au plan horizontal ſur lequel poſe l'animal, & l'extrémité inférieure du tibia tombe obliquement juſqu'à ce qu'il ait touché le fémur avec ſon extrémité ſupérieure. La dernière partie de la patte qui eſt plus longue que les deux précédents & que l'on appelle pied dans les hommes, ployée auſſi dans un ſens contraire, touche tout le trajet de la ſeconde, & les deux os du tarſe forment également un angle très-aigu avec le tibia. On peut voir toutes ces différentes ſituation dans la figure onzième.

Il eſt facile de comprendte, par cet expoſé, que le fémur *AB (fig. XII*, le tibia *BC* & le pied *CD* forment la figure d'un *Z*, comme on voit en *efgh (fig. XIII)*; ſi on ſuppoſe donc le fémur & le pied d'égale longueur, & une ligne tirée d'*e* à *g*, & une autre d'*f* à *h*, nous aurons une figure *alterâ parte longior eghf*, dont le bord *ef* ſera le fémur, *gh* le pied, & la diagonale *gh* le tibia. Or ſi nous avons un corps ſitué à l'angle *f*, par exemple, & ſi deux puiſſances le pouſſent en même tems, une vers la direction *fe*, & une autre vers la direction *fh*, on ſait qu'il n'obéira ni à l'une ni à l'autre, qu'il gagnera le chemin du milieu, & qu'il parcourra la diagonale *fg*; cependant le moment de la vélocité ſera bien moindre que le total des deux forces qui l'ont pouſſé : mais ſi nous avons un corps long, tel que *fg*, & qu'une puiſſance, ſoit qu'elle le pouſſe d'*e* vers *f*, ſoit qu'elle le tire d'*f* vers *e*, & une autre ſoit également qu'elle le pouſſe d'*h* vers *g*, ſoit qu'elle le tire

de *g* vers *h*, alors toute l'action tombera ſur le même corps *fg*, & ſon moment ſera égal à l'enſemble des forces qui l'ont pouſſé. Il eſt donc évident que le tibia, aura à ſoutenir non-ſeulement la force de ſes muſcles propres, mais celle auſſi des muſcles du fémur & du pied qui le tirent en ſens contraire par les deux extrémités.

Cela doit arriver toujours ainſi dans les petits & dans les grands ſauts pendant que les os conſervent encore leurs angles entr'eux; mais quand la patte eſt tout-à-fait déployée, & que les os ſe trouvent dans la direction d'une ligne droite, le pied participera auſſi à une grande partie de la force. Dans ce cas, le centre du mouvement eſt à l'extrémité du fémur dans la cavité cotiloïde, & le moment des corps centrifuges eſt à la circonférence, c'eſt-à-dire, à l'extrémité du pied. Mais, dans cette dernière circonſtance, outre que le pied appuyant à terre ne parcourt pas une grande circonférence, ſes os étant auſſi petits & auſſi nombreux n'avoient pas beſoin d'une ſtructure particulière pour ſoutenir leur moëlle & leurs corps, le fémur étant trop près du centre du mouvement, ne parcourt pas non plus un long eſpace, & il n'en avoit pas beſoin par la même raiſon; ce n'étoit donc que le tibia qui étoit obligé de parcourir avec ſes deux extrémités de très-grandes portions d'ovales, qui avoit beſoin d'une conſtruction différente pour qu'il pût mettre ſa moëlle & ſoi-même à l'abri de la violence.

On doit en dire autant du cubitus, de l'humérus & de la dernière extrémité de la patte antérieure, nonobſtant que celle-ci ſoit infiniment plus courte que la poſtérieure. J'ai trouvé dans une grenouille aſſez groſſe le cubitus de cinq lignes, tandis que le tibia l'étoit de quinze & demie; l'humérus de huit lignes & le fémur de quatorze; la main juſqu'à l'extrémité du troiſième doigt, qui eſt le plus long, de huit lignes & demie, & les pieds avec les os du tarſe de vingt-quatre & demie. On voit donc que l'humérus ſurpaſſe le

cubitus de trois lignes, que le tibia ſurpaſſe le fémur d'une ligne & demie, que le pied a ſeize lignes de plus que la main, & que toute la patte poſtérieure ſurpaſſe l'antérieure de trente-deux lignes & demie. Malgré cet excès de grandeur de l'humérus ſur le cubitus, il faut ajouter que le premier garde toujours, même dans les ſauts violents, un angle aigu avec le cubitus, & ſe trouve dans une direction parallèle à l'horizon.

Ces remarques faites, je voulois obſerver auſſi ſi la reproduction des os, moyennant la deſtruction de la moëlle, avoit lieu dans les animaux à ſang froid. Je fis part au Public, l'année dernière, que j'étois parvenu à faire régénérer entièrement les os longs dans les volatils & dans les quadrupèdes, ſans faire autre choſe que détruire la moëlle. Ainſi, pour me convaincre ſi les grenouilles étoient ſuſceptibles de cette reproduction, je coupai la patte poſtérieure à pluſieurs de ces animaux de différent âge, & en même tems à un certain nombre d'eux. Je la coupai tout à côté de l'épiphyſe inférieure du tibia, & je détruiſis la moëlle des deux tuyaux inférieurs juſqu'à la cloiſon tranſverſale; à d'autres, je la coupai au-deſſus de cette cloiſon, & je détruiſis la moëlle dans les deux tuyaux ſupérieurs juſqu'à l'épiphyſe ſupérieure, & à d'autres je la coupai à l'extrémité inférieure du fémur, & la moëlle fut détruite dans toute ſa cavité; pour être ſûr de l'avoir bien détruite, je laiſſai une ou deux ſoies dans chaque cavité. Je les tuai enfin en différens tems: après trois jours, après huit, après dix, après quinze, & je n'ai jamais trouvé la moindre diſpoſition à une nouvelle oſſification, ni même le périoſte altéré. J'avois obſervé dans les pigeons qu'un nouveau tibia parfaitement oſſifié s'étoit formé après le ſeptième jour de la deſtruction de la moëlle, & après le dixième, le douzième ou le quinzième dans les chiens. Je conclus delà que cette reproduction n'avoit pas lieu dans les grenouilles, ou que ſi elle l'avoit, cela devoit être en un très-long tems. Je n'ai pas pu m'aſſurer de cette durée, parce que je ne pouvois pas

porter

porter ces animaux au-delà de quinze à dix-huit jours, attendu qu'ils périssoient tous; mais il faut remarquer que je faisois ces Expériences dans le mois de Septembre & après, parce que la reproduction des parties perdues dans les vermisseaux & autres zoophytes, est plus prompte dans le printemps & dans l'été jusqu'à la fin du mois de Septembre.

C'est dans ces saisons, comme je viens de dire, & précisément dans le premier âge de l'animal, que la force reproductrice est plus active dans les polipes d'eau, dans les verres de terre, dans les têtards, dans les limaçons, dans les limaces terrestres, dans les salamandres, dans la queue des tortues, dans les pattes des écrevisses, &c. Mais il ne s'agit pas de la reproduction d'une seule partie, comme d'un os, dans ces êtres vivants, qui semblent les plus vils de la terre; il s'agit de la tête, ou d'une patte entière ou de toutes les quatre, ou de la queue, &c.

M. l'Abbé *Spalanzani* avoit arraché les quatre pattes à une salamandre tout près du tronc six fois consécutives, & six fois elles se régénérèrent dans leur intégrité primitive de façon qu'il fit reproduire plus de six cens osselets, & il calcule que si on avoit fait la même opération douze fois, on auroit fait régénérer plus de treize cens petits os. Il avoit avancé pareillement, d'après l'Expérience, que la même reproduction avoit lieu dans les pattes des grenouilles & des crapauds; mais ce fait a été nié formellement par plusieurs Savans, & ils l'ont nié aussi d'après l'Expérience. J'étois presque déterminé pour ce dernier parti, après avoir vu que la destruction de la moëlle, capable de faire régénérer les os dans les autres animaux, l'avoit empêché dans les grenouilles; mais quand on avoit opposé l'Expérience à l'Expérience, c'étoit à elle-même qu'il falloit recourir de nouveau, si on vouloit éviter toutes les vaines disputes & l'exagération si facile à se glisser dans l'esprit des hommes. Cependant je désespérois d'y parvenir, parce que j'étois à la moitié d'Octobre,

tems dans lequel la force reproductrice n'est plus en vigueur; mais, comme je me trouvois avoir vingt grenouilles, qui ne me servoient plus à aucun usage, je leur coupai la patte sous l'extrémité supérieure du tibia, & je les laissai sans détruire la moëlle. Je pris la précaution de les laisser dans ma chambre, où il y avoit toujours du feu, & dans la terre humide, parce que j'avois éprouvé que l'eau maceroit les muscles coupés; mais, quand l'extrémité du moignon s'étoit couverte d'une espèce de gelée, je les mettois dans l'eau pendant une partie de la journée.

Vingt jours après, toutes étoient péries, à l'exception pourtant d'une seule bien grosse & par conséquent bien âgée. D'abord la gelée, qui couvroit cette extrémité du moignon étoit d'une couleur blanchâtre bien foncée; mais, suivant qu'elle durcissoit, elle devenoit plus obscure: après elle s'alongeoit successivement, & on voyoit sa surface extérieure acquérir la ressemblance de peau. Au bout d'un mois environ elle étoit bien alongée depuis *A (fig. XIV)*, jusqu'à *B*, de manière qu'on pouvoit dire que c'étoit de l'os couvert de sa peau; mais cette position régénérée étoit alors bien mince comme l'est à présent le tarse *B C*; & on ne pouvoit pas appercevoir les muscles extérieurement. Ils commencerent ensuite à être apparens, & ils se développèrent insensiblement. Au commencement du mois de Décembre, le tarse *B C* s'étoit formé aussi avec son articulation supérieure *B*, & on n'y voyoit point de muscles non plus. A l'extrémité inférieure *C*, il y avoit deux bourgeons gélatineux *d* & *e*, qui ressembloient assez bien à deux cornes de limaçon qui ne sont pas alongées, & qui commencent à se déployer; mais alors ils étoient bien plus petits qu'on ne les voyoit dans la figure qui a été dessinée quinze jours après quand la grenouille mourut; ils étoient sans doute le commencement de la dernière extrémité de la patte dont l'animal se servoit delà très-bien, tant pour nager que pour sauter.

Au même tems, à l'endroit *fg*, la circonférence étoit de neuf lignes, tandis que dans l'autre patte *HI* au même endroit *K*, où les muſcles ſont plus gros dans l'état naturel, étoit de quatorze; la circonférence du tarſe *BC* de quatre lignes, & celle du tarſe entier *L M* d'onze; la longueur du tibia *P B* d'onze lignes, & celle du tibia *N L* de ſeize; la longueur du tarſe *B C* de cinq lignes & demie, & celle du tarſe *L M* de neuf; les deux bourgeons d'une ligne, & le reſte de l'extrémité *M I* dix-huit. La cuiſſe *H N* enfin étoit de quatorze lignes, & le corps de l'animal de trois pouces. La coupe dans la patte *O C* avoit été faite quatre lignes au-deſſous de l'articulation en *A*; elle avoit donc été coupée de la longueur de trente-neuf lignes. Le moignon *A O* n'en ayant que dix-huit. Ce fut dans cet état que je la préſentai à l'Académie le 7 du même mois de Décembre; & elle me fit l'honneur de m'aſſigner pour Commiſſaire M. Portal & M. de Vicq d'Azir qui l'examinerent plus particulièrement & ils en firent leurs Rapports.

Le dix-huit du même mois, la grenouille mourut d'elle-même. Extérieurement ſur la patte, la ſeule différence qu'on voyoit, c'eſt qu'elle étoit plus groſſie en *gf*, & les bourgeons *d* & *e* alongés de deux lignes & durcis de manière qu'on les diſtinguoit par deux oſſelets avec une articulation commune & bien formée en *C*. Ayant ôté la peau, on voyoit auſſi des muſcles autour de la partie *B C*. Dans la *figure quinzième*, ſont repréſentés les os de la patte coupée & reproduite de la manière qu'on a vu. *A B* eſt le fémur; *C D* le tibia qui avoit été coupé en *e* & qui s'étoit alongé juſqu'à *D*, mais d'une figure difforme; il n'avoit point de cloiſon tranſverſale, ni de cloiſon longitudinale inférieure; la cloiſon longitudinale ſupérieure n'exiſtoit que depuis *C* juſqu'à *e*, c'eſt-à-dire, ſeulement dans la portion qui n'avoit pas été coupée; les ſillons n'exiſtoient que dans cette petite partie, & ils manquoient tout-à-fait dans l'extrémité inférieure. Je fus étonné de ne trouver à la place du tarſe qu'un ſeul os *E F*, qui reſſem-

bloit effectivement à un des os du tarſe; mais ne ſeroit-il pas une portion du tibia avec une nouvelle articulation? c'eſt ce que j'ignore; cependant ſa cavité pour la moëlle étoit toute ſimple, & à l'extrémité inférieure *F*, ſe trouvoient articulés les deux oſſelets *g* & *R*. Je me propoſe de ſuivre, au Printems prochain, d'autres Expériences que j'ai commencées ſur les Sauterelles, ſur les Grenouilles & ſur d'autres Inſectes: j'examinerai ſur-tout l'anatomie des muſcles, des nerfs, des ligamens & des os dans les parties régénérées, & j'en ferai part à l'Académie dans un autre Mémoire.



FIN DU TOME NEUVIÈME.

De l'Imprimerie de la Vᵉ HÉRISSANT, Imprimeur du Cabinet du ROI, Maiſon & Bâtimens de SA MAJESTÉ. *Mars* 1780.